



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Tendências das aves noturnas em Portugal

Metodologias e análise de um programa de monitorização baseado em colaboradores voluntários

Sara Luísa Miradouro Moreira

Orientação: Rui Lourenço

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

Évora, 2016

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

Tendências das aves noturnas em Portugal

Metodologias e análise de um programa de monitorização baseado em
colaboradores voluntários

Sara Luísa Miradouro Moreira

Orientação: Rui Lourenço

Mestrado em Biologia da Conservação

Dissertação

Évora, 2016

AGRADECIMENTOS

Ao terminar esta etapa da minha carreira, pretendo expressar uma palavra de agradecimento a todos aqueles que de uma forma direta ou indireta foram importantes para a concretização deste trabalho.

Em primeiro lugar ao meu orientador Rui Lourenço, que foi uma peça fulcral na realização deste trabalho. Por toda a simpatia, paciência, bom espírito, descontração, conhecimentos transmitidos, tempo despendido e por ter estado sempre presente e pronto a ajudar.

A toda a equipa do LabOr - Laboratório de Ornitologia, pela enorme simpatia com que me receberam e prontidão em me ajudar. Em especial ao Carlos Godinho, pela sua enorme prontidão e simpatia em me fornecer os seus conhecimentos numa fase fulcral da realização deste trabalho.

A todos os professores do Mestrado, em especial aos professores que fizeram parte das cadeiras de PSI e PSII, Professor João Rabaça, Professor Paulo Sá Sousa, Professora Maria Paula Simões e Professora Margarida Vaz, que me orientaram na fase inicial deste projeto, oferecendo-me um enorme incentivo e orientação na realização do mesmo.

Ao Professor João Rabaça, Diretor do Mestrado em Biologia da Conservação, pelo constante interesse e motivação oferecido ao longo da realização deste trabalho e por me indicar o Rui Lourenço como meu orientador, o qual eu agradeço muito, pois sem essa indicação possivelmente não teria ido ao seu encontro e nem teria tido conhecimento deste tema de trabalho.

A todos os meus amigos e amigas, por me terem acompanhado ao longo desta jornada, por me terem ouvido incansavelmente a falar sobre este trabalho e por todo o apoio que me deram direta ou indiretamente.

E por último, mas de forma alguma menos importante, aos meus pais, irmã e avô, que foram sempre os primeiros a dar-me todo o apoio e força ao longo deste trabalho e que compartilharam comigo todos os momentos desta etapa da minha vida.

Tendências das aves noturnas em Portugal

Metodologias e análise de um programa de monitorização baseado em colaboradores voluntários

RESUMO

Uma avaliação das metodologias de análise e recolha de dados aplicadas pelo Programa NOCTUA-Portugal é de extrema importância para se apurar se estas são as mais indicadas em estudos de *citizen science*.

Comparou-se os resultados de diferentes metodologias analíticas de estimação das tendências populacionais das espécies de aves noturnas durante o período de realização do Programa NOCTUA-Portugal (análise gráfica simples, modelos lineares generalizados (GLM-Poisson e GLMM), modelos aditivos generalizados (GAM-LOESS e GAM-mgcv) e *software* TRIM). Analisou-se a metodologia de censo de modo a avaliar o número de registos face à duração dos pontos de escuta, comparar a eficiência do ponto de deteção com outros estudos, variação das respostas ao longo da noite e efeito da época do ano, vento, nebulosidade e luminosidade da lua.

Os resultados mostraram que a metodologia analítica mais indicada era o GLMM e que não era necessário realizar nenhum ajuste em particular na metodologia de censo.

Palavras-chave: Aves noturnas; comportamento vocal; metodologias de censo; métodos estatísticos; tendências populacionais.

Trends in nocturnal birds in Portugal

Methods and analysis of a volunteer-based monitoring program

ABSTRACT

An evaluation of the methodologies of analysis and data collection applied by NOCTUA-Portugal Program is extremely important to determine whether these are the most suitable in citizen science studies.

We compared the results of different analytical methodologies to estimate population trends of the species of nocturnal birds during the period of the NOCTUA-Portugal Program (simple graphical analysis, generalized linear models (GLM-Poisson and GLMM), generalized additive models (GAM-LOESS and GAM-mgcv) and software TRIM). We analyzed the field methodology to assess the effect of point duration on the number of records, compared the point count efficiency with other sources, the variation of responses throughout the night, the effect of time of year, wind, cloud cover and moon luminosity.

The results showed that the most suitable analytical methodology was the GLMM and it was not necessary to make any particular adjustment in the field methodology.

Keywords: Census methodologies; nocturnal birds; population trends; statistical methods; vocal behavior.

ÍNDICE

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE BOX'S	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XI
1. Introdução	1
2. Objetivos.....	5
3. Metodologia	6
3.1. Espécies em estudo	6
3.2. Recolha de dados.....	8
3.3. Análise de dados.....	8
3.3.1. Comparação das metodologias analíticas	8
3.3.1.1. Análise gráfica simples	9
3.3.1.2. GLM	9
3.3.1.2.1. GLM – Poisson	10
3.3.1.2.2. GLMM	11
3.3.1.3. GAM.....	12
3.3.1.3.1. GAM – LOESS (span=0.6).....	13
3.3.1.3.2. GAM - mgcv	13
3.3.1.4. TRIM	14
3.3.2. Análise crítica à metodologia de censo	15
3.3.2.1. Análise do número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos)	16
3.3.2.2. Comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos.....	16
3.3.2.2.1. Comparação por ponto de escuta	16
3.3.2.2.2. Comparação por período de escuta	17
3.3.2.3. Efeito da época do ano.....	17
3.3.2.4. Variação das respostas ao longo da noite	17
3.3.2.4.1. Variação das respostas por pontos	17
3.3.2.4.2. Efeito dos minutos após o ocaso.....	17
3.3.2.5. Efeito do vento no número de aves noturnas registadas	17
3.3.2.6. Efeito da nebulosidade no número de aves noturnas registadas	17
3.3.2.7. Efeito da luminosidade da lua no número de aves noturnas registadas	18

3.3.2.7.1. Fase da lua	18
3.3.2.7.2. Percentagem de lua iluminada	18
4. Resultados	18
4.1. Dados do Programa Noctua das últimas 6 épocas	18
4.2. Análise de dados.....	20
4.2.1. Comparação das metodologias analíticas	20
4.2.1.1. Coruja-das-torres <i>Tyto alba</i>	20
4.2.1.2. Mocho-d'orelhas <i>Otus scops</i>	22
4.2.1.3. Bufo-real <i>Bubo bubo</i>	24
4.2.1.4. Mocho-galego <i>Athene noctua</i>	26
4.2.1.5. Coruja-do-mato <i>Strix aluco</i>	28
4.2.1.6. Bufo-pequeno <i>Asio otus</i>	30
4.2.1.7. Noitibó-cinzento <i>Caprimulgus europaeus</i>	32
4.2.1.8. Noitibó-de-nuca-vermelha <i>Caprimulgus ruficollis</i>	34
4.2.1.9. Análise geral	36
4.2.2. Análise crítica à metodologia de censo	38
4.2.2.1. Análise do número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos)	38
4.2.2.2. Comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos.....	38
4.2.2.2.1. Comparação por pontos de escuta	38
4.2.2.2.2. Comparação por período de escuta	40
4.2.2.3. Efeito da época do ano.....	42
4.2.2.4. Variação das respostas ao longo da noite	44
4.2.2.4.1. Variação das respostas por pontos de escuta	44
4.2.2.4.2. Efeito dos minutos após o ocaso	46
4.2.2.5. Efeito do vento no número de aves noturnas registadas	48
4.2.2.6. Efeito da nebulosidade no número de aves noturnas registadas	49
4.2.2.7. Efeito da luminosidade da lua no número de aves noturnas registadas	50
4.2.2.7.1. Fase da lua	50
4.2.2.7.2. Percentagem de lua iluminada	52
4.2.2.8. Análise geral	54
5. Discussão	55
5.1. Análise da participação dos colaboradores do Programa Noctua	55
5.2. Avaliação das metodologias analíticas e de censo	55
5.2.1. Metodologias analíticas.....	55

5.2.2. Metodologia de censo	58
5.2.2.1. Número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos).....	59
5.2.2.2. Comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos	59
5.2.2.2.1. Comparação por pontos de escuta	59
5.2.2.2.2. Comparação por período de escuta	60
5.2.2.3. Efeito da época do ano.....	61
5.2.2.4. Variação das respostas ao longo da noite	63
5.2.2.5. Efeito do vento no número de aves noturnas registadas	64
5.2.2.6. Efeito da nebulosidade no número de aves noturnas registadas	64
5.2.2.7. Efeito da luminosidade da lua no número de aves noturnas registadas	64
5.3. Recomendações para censos de aves noturnas e implicações para a conservação	66
6. Conclusões e propostas para o futuro.....	68
7. Referências bibliográficas.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Número de épocas em que se realiza uma mesma quadrícula.	19
Figura 2 - Número de quadrículas com resultados recebidos por época	19
Figura 3 - Localização das quadrículas e número de vezes que foram amostradas nas seis épocas de censo (2009/10 - 2014/15). Fonte: GTAN-SPEA, 2015.	19
Figura 4 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	21
Figura 5 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula a partir do GLM – Poisson.....	21
Figura 6 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).....	22
Figura 7 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula a partir do TRIM. Avaliação só com as quadrículas com presença da espécie.....	22
Figura 8 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula a partir do TRIM. Avaliação para todas as quadrículas.	22
Figura 9 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d’orelhas por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	24
Figura 10 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d’orelhas por quadrícula a partir do GLM – Poisson.....	24
Figura 11 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d’orelhas por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).....	24
Figura 12 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d’orelhas por quadrícula a partir do TRIM. .	24
Figura 13 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	26
Figura 14 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula a partir do GLM – Poisson.	26
Figura 15 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).	26
Figura 16 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula a partir do TRIM.	26
Figura 17 – Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	28
Figura 18 - Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula a partir do GLM – Poisson.....	28
Figura 19 - Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).....	28
Figura 20 - Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula a partir do TRIM.....	28
Figura 21 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	30
Figura 22 – Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula a partir do GLM – Poisson.....	30
Figura 23 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).....	30
Figura 24 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula a partir do TRIM. ...	30
Figura 25 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	32

Figura 26 – Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula a partir do GLM – Poisson.....	32
Figura 27 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).....	32
Figura 28 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula a partir do TRIM.....	32
Figura 29 – Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	34
Figura 30 - Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula a partir do GLM – Poisson.....	34
Figura 31 - Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).....	34
Figura 32 - Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula a partir do TRIM.....	34
Figura 33 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.....	36
Figura 34 – Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula a partir do GLM – Poisson.	36
Figura 35 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).	36
Figura 36 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula a partir do TRIM.	36
Figura 37 - Proporção do número de indivíduos detetados ao longo de um ponto de escuta de 10 minutos.	38
Figura 38 - Proporção do número de indivíduos de Bufo-pequeno detetados ao longo de um ponto de escuta de <i>playback</i> de 10 minutos num outro caso de estudo (Martínez <i>et al.</i> , 2002).	41
Figura 39 - Proporção do número de indivíduos de Bufo-pequeno detetados ao longo de um ponto de escuta de 10 minutos do Programa NOCTUA - Portugal.	41
Figura 40 - Proporção do número de indivíduos de Coruja-do-mato detetados ao longo de um ponto de escuta de <i>playback</i> de 10 minutos num outro caso de estudo (Redpath, 1994).	42
Figura 41 - Proporção do número de indivíduos de Coruja-do-mato detetados ao longo de um ponto de escuta de 10 minutos do programa NOCTUA - Portugal.....	42
Figura 42 – Probabilidade de deteção de Mocho-galego (panoc) em cada visita (visita).....	43
Figura 43 – Probabilidade de deteção de Coruja-do-mato (psalu) em cada visita (visita).	43
Figura 44 – Variação do número total de indivíduos (inds/ponto) em cada ponto de escuta (ponto).	45
Figura 45 - Variação da riqueza específica (richness – nº espécies detetadas) em cada ponto de escuta (ponto).....	45
Figura 46 – Probabilidade de deteção de Mocho-galego (panoc) em cada ponto de escuta (ponto).	46
Figura 47 – Probabilidade de deteção de Coruja-das-torres (ptalb) em função dos minutos após o ocaso (minocaso).	47
Figura 48 - Variação da riqueza específica (richness) com o aumento da intensidade do vento (vento).	49
Figura 49 – Variação do número total de indivíduos (inds/ponto) com o aumento da intensidade do vento (vento).	49
Figura 50 - Probabilidade de deteção de Coruja-das-torres (ptalb) com a fase da lua (faselua).....	52
Figura 51 – Probabilidade de deteção de Coruja-do-mato (psalu) com a fase da lua (faselua).	52
Figura 52 – Probabilidade de deteção de Mocho-galego (panoc) com a percentagem de lua iluminada (% lua).	53

Figura 53 - Probabilidade de detecção de Coruja-do-mato (psalu) com a percentagem de lua iluminada (% lua).....	53
--	----

ÍNDICE DE BOX'S

Box 1 - Código de realização da análise gráfica simples em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego.	9
Box 2 - Código de realização de GLM-Poisson em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”) e a variável explicativa ano (“year”).....	10
Box 3 - Código de realização de GLMM em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”), a variável explicativa ano (“year”) e a quadrícula como fator aleatório (“quad”).....	11
Box 4 - Exemplo de erro dado em R ao calcular o GLMM para Mocho-galego.	12
Box 5 - Código de realização de GAM-LOESS (span=0.6) em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”) e a variável explicativa ano (“year”).....	13
Box 6 - Código de realização de GAM-mgcv em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”) e a variável explicativa ano (“year”).....	14
Box 7 - Código de realização de GLM-Poisson em R. Exemplo com a variável dependente número total de indivíduos (“total”) e variável explicativa visita (“visita”).	16
Box 8 - Código de realização de GLM com binomial negativa em R. Exemplo com a variável dependente número total de indivíduos (“total”) e variável explicativa visita (“visita”).	16

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Períodos de realização das três visitas do Programa NOCUTA-Portugal, tendo em conta a latitude. 8	
Tabela 2 - Informação geral relativa às seis épocas de amostragem do NOCTUA Portugal.....	18
Tabela 3 – Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Coruja-das-torres.	20
Tabela 4 – Resultados obtidos a partir do TRIM (1ª coluna: só quadrículas com presença, 2ª coluna: todas as quadrículas) para Coruja-das-torres.....	21
Tabela 5 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Mocho-d'orelhas.....	23
Tabela 6 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Mocho-d'orelhas.	23
Tabela 7 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Bufo-real.	25
Tabela 8 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Bufo-real.....	25
Tabela 9 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Mocho-galego.	27
Tabela 10 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Mocho-galego.....	27
Tabela 11 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Coruja-do-mato.....	29
Tabela 12 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Coruja-do-mato.	29
Tabela 13 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Bufo-pequeno.	31

Tabela 14 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Bufo-pequeno.....	31
Tabela 15 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Noitibó-cinzento.	33
Tabela 16 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Noitibó-cinzento.....	33
Tabela 17 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Noitibó-de-nuca-vermelha.....	35
Tabela 18 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Noitibó-de-nuca-vermelha.	35
Tabela 19 - Estimativa da tendência e correspondente erro padrão (variação da abundância relativa para a análise gráfica simples) e valor de p segundo cada uma das metodologias para as espécies em estudo. A negrito está identificado o menor erro padrão para a espécie e a sublinhado os intervalos de confiança que não cruzaram o zero e valor de $p < 0,05$	37
Tabela 20 - Comparação dos estudos da NOCTUA-Portugal e Zuberogoitia & Campos (1997) em relação ao número de pontos de escuta em que cada espécie foi detetada em relação ao número total de pontos de escuta.	39
Tabela 21 - Comparação dos estudos da NOCTUA-Portugal e SEO/BirdLife (2013) em relação ao número de quadrículas em que cada espécie foi detetada em relação ao número total de quadrículas.	40
Tabela 22 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	42
Tabela 23 – Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	44
Tabela 24 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	46
Tabela 25 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	48
Tabela 26 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	49
Tabela 27 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	51
Tabela 28 – Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$	52
Tabela 29 - Valores de p correspondentes à avaliação das variáveis dependentes para cada uma das variáveis explicativas. A negrito estão os valores de $p < 0,05$ e os símbolos + e – correspondem à tendência positiva e negativa respetivamente.....	54
Tabela 30 - Resumo das vantagens e desvantagens de cada método de estimativa de tendências quando aplicado ao Programa NOCTUA-Portugal.....	56

1. Introdução

As aves noturnas estão entre os grupos mais desafiadores e diversificados de aves, estando divididas em dois grandes grupos: as aves de rapina noturnas (Strigiformes) e os noitibós (Caprimulgiformes), que apesar de apresentarem características morfológicas e ecológicas muito distintas, possuem um comportamento tipicamente crepuscular e noturno (Mikkola, 1983; König & Weick, 2008). Existem por todo o globo, onde as espécies mais comuns vivem em regiões temperadas do Norte e cerca de três quartos de todas as espécies estão confinadas a regiões tropicais da América do Sul, África e da região Indo-malaia à Melanésia (Bechard, 2006).

Em Portugal existem sete espécies de aves de rapina noturnas: a Coruja-das-torres (*Tyto alba*), o Mocho-d'orelhas (*Otus scops*), o Bufo-real (*Bubo bubo*), o Mocho-galego (*Athene noctua*), a Coruja-do-mato (*Strix aluco*), o Bufo-pequeno (*Asio otus*) e a Coruja-do-nabal (*Asio flammeus*); e duas espécies de noitibós: o Noitibó-cinzento (*Caprimulgus europaeus*) e o Noitibó-de-nuca-vermelha (*Caprimulgus ruficollis*). Encontrando-se a Coruja-do-nabal classificada como em perigo (EN), os noitibós como vulneráveis (VU), o Bufo-real como quase ameaçado (NT), a Coruja-das-torres, Mocho-galego e Coruja-do-mato como pouco preocupante (LC) e o Mocho-d'orelhas e o Bufo-pequeno como informação insuficiente (DD) em Portugal Continental segundo o Livro vermelho dos Vertebrados (Cabral *et al.*, 2005).

As aves de rapina noturnas são sensíveis às alterações ambientais, tanto de origem natural como antropogénica, e por essa razão estão entre os principais organismos que poderão mostrar alterações tanto ao nível do seu tamanho populacional como das taxas demográficas (Kovács *et al.*, 2008).

São diversos os fatores que têm vindo a declínio ao declínio destas espécies, nomeadamente: I) mudanças nas paisagens agrícolas que têm sido caracterizadas por dois processos distintos: I₁) intensificação agrícola, caracterizada pela eliminação de elementos intersticiais tais como as sebes entre os campos aráveis, árvores isoladas e estruturas humanas utilizadas como locais de nidificação, acompanhadas pela introdução de novas técnicas agrícolas, como o uso de fertilizantes e pesticidas e da introdução de monoculturas extensivas (Framis *et al.*, 2011; Lourenço *et al.*, 2015); e I₂) abandono das terras com subsequente reflorestação ou urbanização; II) degradação da floresta devido a incêndios florestais, doenças de carvalhos e pinheiros e a prática de silvicultura inadequada; III) perda de áreas rupícolas e ribeirinhas, associadas principalmente à construção de grandes barragens; e IV) aumento da mortalidade nas estradas e linhas de energia, associada principalmente a novas infraestruturas (Lourenço *et al.*, 2015; Juillard, 1989).

O principal objetivo da conservação assenta em evitar a extinção global das espécies, seguindo-se a necessidade em manter as populações e distribuições existentes, e portanto, a diversidade. Para se alcançar tal feito de forma eficiente, é necessário identificar as espécies que estão ameaçadas a nível global, nacional e regional (Burfield, 2008). Sendo assim, uma monitorização das populações de aves noturnas é de extrema importância tanto a nível ambiental, social como económico (Kovács *et al.*, 2008), uma vez que as aves de rapina noturnas possuem um importante papel no equilíbrio dos ecossistemas devido à sua posição na cadeia alimentar enquanto predadores de topo, contribuindo assim para a sustentabilidade das comunidades através do controlo das suas presas. Algumas espécies assumem também uma utilidade direta para o homem como auxiliares em práticas de agricultura biológica no controlo natural de pragas de roedores e insetos. E para além disso, as aves noturnas são espécies sensíveis à contaminação ambiental (bioacumulação), e desta forma, podem ser utilizadas como sentinelas e bioindicadores dos níveis de

poluentes nos ecossistemas (Gómez-Ramírez *et al.*, 2014; Lourenço *et al.*, 2011; Roque *et al.*, 2016; SPEA, 2015).

Para estimar a tendência das populações de aves noturnas são necessários longos períodos de monitorização utilizando diferentes ferramentas de modo a se alcançar resultados precisos. Na prática, isto é mais fácil de ser alcançado em pequenas áreas onde são desenvolvidos programas de monitorização durante longos períodos de tempo. No entanto, caso o objetivo seja estimar a distribuição e densidade das populações de aves noturnas numa grande área, tem de se atingir o equilíbrio entre o tempo, o esforço, o orçamento e os resultados que se pretendem alcançar (Zuberogioitia *et al.*, 2011).

Existem diversos tipos de abordagens que têm vindo a ser aplicadas em monitorização de aves: I) comparação da distribuição de espécies através de atlas entre diferentes épocas; II) programas de monitorização a longo-termo; III) programas de *checklist* em que a presença e ausência de todas as espécies são registadas; e IV) censos de espécies raras ou esquivas (Snäll *et al.*, 2011)

Estes programas de monitorização incluem grandes contribuições por parte de voluntários cujo envolvimento se tornou cada vez mais reconhecido na área da conservação. Contudo, a utilização de dados com base em observações realizadas por cidadãos voluntários requer, em vários casos, muito cuidado e um bom conhecimento da limitação dos dados, apesar de estes poderem ser um excelente complemento aos programas padronizados, especialmente para avaliar espécies raras de interesse para a conservação (Snäll *et al.*, 2011).

Os programas de monitorização a longo-termo são amplamente utilizados, pois resultam numa série temporal de observações por local (Snäll *et al.*, 2011). Porém, estes enfrentam um grande desafio que se depara com a recolha de dados. Tal desafio pode ser ultrapassado servindo-se de colaboradores voluntários para a recolha dos mesmos, aumentando-se assim o número de dados recolhidos com um custo mínimo (McCaffrey, 2005). Contudo a utilização de voluntários (conhecido como *citizen-science*) deve ser bem ponderada, pois implica vários obstáculos que podem vir a comprometer o sucesso da monitorização, nomeadamente devido: I) às competências entre os colaboradores voluntários poderem ser variáveis, tornando-se assim um problema ao estimar a variação anual da abundância e tendências a longo prazo; II) a escolha dos locais para a recolha de dados não são aleatórias, tendo-se preferência pelos locais onde a probabilidade de se observarem espécies de interesse seja mais elevada ou que seja próximo das residências dos voluntários, podendo assim resultar numa baixa variação anual das estimativas das populações e atrasos nos padrões de mudança das mesmas; e III) a baixa precisão na estimativa das populações, uma vez que a maioria das monitorizações conta apenas com uma ou duas visitas curtas por local e ano. E como resultado, as estimativas anuais das populações passam a apresentar amplos intervalos de confiança, e portanto, não conseguem detetar tendências populacionais com grande rigor (Snäll *et al.*, 2011; McCaffrey, 2005).

No entanto, apesar destes pontos negativos, quanto maior o número de voluntários a participar, menor o erro que poderá advir de todos os pontos acima mencionados, ou seja, maior será o grau de confiabilidade dos dados. Para além disso, a utilização de voluntários não só serve como uma ferramenta para a recolha de uma grande quantidade de dados, como também permite-lhes ganhar maior experiência a realizar observações e a participar num estudo científico, contribuindo assim para um crescente interesse na biodiversidade e conservação (Snäll *et al.*, 2011; McCaffrey, 2005).

As aves noturnas são um dos grupos de aves mais difíceis de estudar, uma vez que a maioria das espécies são esquivas, de hábitos maioritariamente noturnos e encontram-se em locais escondidos durante

o dia. A melhor maneira de as detetar é ouvindo os seus chamamentos durante o seu período de atividade (Zuberogoitia & Campos, 1998; Zuberogoitia *et al.*, 2011).

São diversos os estudos que têm vindo a ser realizados de modo a se saber quais as melhores metodologias de censo a aplicar a aves noturnas (Martínez & Zuberogoitia, 2002; Mori *et al.*, 2014; Redpath, 1994; Takats & Holroyd, 1997; Zuberogoitia & Martínez, 2000).

Hoje em dia, a reprodução de vocalizações (conhecido como *playback*) tem sido um dos métodos mais utilizados em censos de aves noturnas, sendo considerada a técnica mais precisa para censos de algumas espécies de aves de noturnas florestais em grandes áreas, como por exemplo a Coruja-do-mato e Mocho-galego, em que a resposta destas ao *playback* não varia ao longo do ano e não é influenciada pelas condições climáticas (Redpath, 1994; Zuberogoitia & Campos, 1998; Zuberogoitia *et al.*, 2011). No entanto, este método não é tão eficiente para a deteção de outras espécies de aves noturnas, como a Coruja-das-torres e Bufo-real em que as suas respostas ao *playback* variam significativamente ao longo do ano e tendo em conta o estado de acasalamento respetivamente (Martínez & Zuberogoitia, 2002; Zuberogoitia & Campos, 1998; Zuberogoitia *et al.*, 2011).

Por essa razão, alguns autores sugerem que este método deve vir sempre acompanhado por outros dois, nomeadamente, a procura de locais de nidificação e inquéritos às populações. A fim de detetar áreas de nidificação, de modo a se poder obter alguma informação complementar aos resultados obtidos pelo método *playback* para todas as espécies de aves noturnas, sendo os dois últimos métodos úteis sobretudo para encontrar espécies raras e esquivas como o Bufo-real e Bufo-pequeno (Zuberogoitia & Campos, 1998; Zuberogoitia *et al.*, 2011).

No entanto, o método *playback* é utilizado como uma ferramenta para atrair e observar aves noturnas e pode causar perturbações evidentes quando os territórios são frequentemente visitados (Martínez & Zuberogoitia, 2002) e até mesmo enviesar os dados ao detetar um maior número de machos com território do que os sem território, uma vez que os primeiros apresentam um comportamento territorial e os segundos permanecem em silêncio ou reduzem a sua atividade vocal ao ouvir o *playback* (Martínez & Zuberogoitia, 2002). Isto porque a maioria dos estudos que fazem uso do *playback* são normalmente realizados durante a época de pré-reprodução e reprodução, levando a que as aves noturnas vocalizem de forma territorial para defender os seus ninhos. Sendo por isso extremamente importante não utilizar o *playback* em grandes áreas de censo, nem durante grandes períodos de tempo e possuir um conhecimento prévio da área em estudo em especial dos ninhos existentes (Zuberogoitia & Martínez, 2000).

De modo a evitar estes problemas, alguns autores apenas fazem uso da escuta de vocalizações espontâneas sem recurso ao uso de *playback* (Lourenço *et al.*, 2013; Escandell, 2005) ou então fazem uso dos dois métodos de modo a avaliar a sua eficiência e complementarem-se, revelando possíveis flutuações (Martínez & Zuberogoitia, 2002; Zuberogoitia & Martínez, 2000).

O estudo aqui analisado (Programa NOCTUA-Portugal) apenas faz uso do método de escuta de vocalizações espontâneas, uma vez que este é realizado por voluntários e o uso do *playback* ou a agregação do mesmo ao método de escuta de vocalizações espontâneas levaria a uma potencial variabilidade metodológica introduzida por cada observador individual (ex: aparelho a utilizar, sons a serem emitidos, volume de reprodução, etc.) e a um aumento do grau de complexidade e tempo despendido por cada observador voluntário.

O Programa NOCTUA-Portugal é um programa de monitorização de aves noturnas em Portugal Continental, realizado pelo GTAN-SPEA (Grupo de Trabalho sobre Aves Noturnas) que está inserido na SPEA (Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves) que é uma organização não-governamental de ambiente que trabalha para a conservação das aves e dos seus habitats em Portugal.

O Programa NOCTUA-Portugal tem como principais objetivos:

- 1) Estudar a distribuição das espécies (presença e número de territórios);
- 2) Conhecer a variação espacial da distribuição;
- 3) Determinar as tendências populacionais;
- 4) Analisar a relação das tendências com as alterações do habitat.

Pretende, em última instância, a utilização das aves noturnas como indicadoras do estado de conservação dos habitats.

Realizado ininterruptamente entre 2009/10 e 2014/15, num total de seis épocas de amostragem. Foram produzidos relatórios anuais com os principais resultados (GTAN-SPEA, 2010, 2011b, 2012, 2013, 2014, 2015; disponíveis online em <http://www.spea.pt/pt/participar/grupos-de-trabalho/aves-noturnas/documentos-download/>).

A metodologia de censo (recolha de dados), bem como a metodologia analítica (análise de dados) utilizada por este programa não foi até à data avaliada de modo a aferir se esta é ou não a mais indicada para este estudo.

Tendo já dados de seis épocas de amostragem, mais facilmente se pode avaliar essas mesmas metodologias com o recurso a estes dados de modo a se poder observar possíveis diferenças nos resultados obtidos com a utilização de diversas metodologias. Podendo-se assim avaliar quais são as metodologias que nos permitem obter melhores resultados, com um menor erro associado, permitindo assim obter um maior rigor na deteção de tendências populacionais bem como das suas distribuições.

No entanto é necessário ter em conta que quanto mais complexa é uma metodologia estatística, maior a probabilidade de os dados não serem suficientemente robustos para que a mesma funcione. Isto porque o tipo de dados pode limitar os métodos analíticos que se queiram vir a aplicar, podendo levar à replicação das amostras, autocorrelação espacial e excesso de zeros (Cunningham & Lindenmayer, 2005; Osawa *et al.*, 2011; Quinn & Keough, 2002).

Para além disso são diversos os fatores que influenciam a atividade vocal das aves noturnas. Sendo estes: I) luminosidade da lua, sendo as noites de lua cheia a melhor altura para detetar várias espécies de aves noturnas (Mikkola, 1983; Penteriani *et al.*, 2010; Takats & Holroyd, 1997; Woods & Brigham, 2008), no entanto algumas espécies vocalizam mais em noites em que a lua está na fase quarto minguante ou lua nova (Ganey, 1990); II) condições meteorológicas, sendo que as aves noturnas vocalizam com menor frequência em noites de precipitação elevada, ventos fortes (Hardouin *et al.*, 2008; Kissling *et al.*, 2010; Mikkola, 1983; Redpath, 1994; Takats & Holroyd, 1997) e baixas temperaturas (Takats & Holroyd, 1997; Hardouin *et al.*, 2008; Clark & Anderson, 1997; Kissling *et al.*, 2010); III) densidade populacional, onde tem sido observada uma maior frequência de vocalizações em áreas com maior densidade populacional (Lourenço *et al.*, 2013; Penteriani *et al.*, 2002; Penteriani, 2003; Redpath, 1995); IV) hora do dia, onde a maioria das espécies de aves noturnas são mais ativas vocalmente ao anoitecer e amanhecer (Delgado & Penteriani, 2007; Ganey, 1990; Mikkola, 1983; Hardouin *et al.*, 2008); V) época do ano, sendo as aves noturnas mais ativas vocalmente bem como mais visíveis na altura da corte e estabelecimento dos seus territórios de nidificação

(Fuller & Mosher, 1987; Ganey, 1990; Mikkola, 1983; Redpath, 1994; Zuberogoitia *et al.*, 2007); VI) risco de predação, sendo que as aves noturnas ajustam a sua atividade vocal a fim de minimizar o risco de predação por um predador que possa localizar as suas presas pela vocalização (Lourenço *et al.*, 2013; Zuberogoitia *et al.*, 2007); VII) competição por interferência, tendo o potencial de reduzir a actividade vocal de aves noturnas de menores dimensões (Crozier *et al.*, 2006; Lourenço *et al.*, 2013; Vrh & Vrezec, 2006; Zuberogoitia *et al.*, 2007); e VIII) nebulosidade, sendo que as aves noturnas tendem a vocalizar mais em noites claras (Ganey, 1990; Morrell *et al.*, 1991). Porém outros estudos afirmam que este fator não influencia significativamente as taxas de resposta em algumas espécies de aves noturnas (Redpath, 1994; Takats & Holroyd, 1997; Clark & Anderson, 1997; Swengel & Swengel, 1997).

Pelo acima exposto, deve ter-se especial atenção a estes fatores na formulação da metodologia de censo, de modo a que os mesmos não influenciem negativamente a quantidade e qualidade dos dados recolhidos.

Uma vez definidas as melhores metodologias para este estudo, outras entidades de países vizinhos poderão aplicá-las ou até mesmo adaptá-las aos seus casos de estudo em particular, uma vez que com este trabalho determinadas dúvidas ou até mesmo erros poderão ser colmatados, evitando-se assim a utilização de metodologias menos adequadas.

2. Objetivos

Com esta dissertação pretende-se analisar a adequabilidade e rigor das metodologias de campo e de tratamento de dados utilizadas pelo Programa NOCTUA-Portugal (Programa de Monitorização de Aves Noturnas em Portugal) para o estudo das tendências populacionais das aves noturnas. Pretende-se aferir se as metodologias utilizadas por este programa são as mais indicadas para todas as espécies em estudo, propondo, se necessário, alterações metodológicas na recolha e/ou análise de dados.

Com a análise e comparação dos dados obtidos ao longo das últimas épocas pretende-se desenhar uma metodologia simples, eficiente e que possa contribuir para uma maior participação por parte dos voluntários.

Com esta dissertação espera-se por fim definir um conjunto de recomendações para censos de aves noturnas que sugiram as melhores metodologias a serem utilizadas em programas de monitorização a longo-prazo baseados em voluntariado.

Em mais detalhe, neste estudo pretende-se:

I) Comparar os resultados de diferentes metodologias analíticas de estimação das tendências populacionais das espécies de aves noturnas durante o período de realização do Programa NOCTUA-Portugal, nomeadamente análise gráfica simples, modelos lineares generalizados (GLM-Poisson e GLMM), modelos aditivos generalizados (GAM-LOESS e GAM-mgcv) e *software* TRIM;

II) Analisar a metodologia de censo de modo a avaliar o número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos), a comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos, a variação das respostas ao longo da noite, o efeito da época do ano, o efeito do vento, o efeito da nebulosidade e o efeito da luminosidade da lua.

3. Metodologia

3.1. Espécies em estudo

A Coruja-das-torres é uma espécie residente comum. Reproduz-se em terrenos agrícolas com pequenas matas dispersas, em jardins e raramente em vilas perto de campos. Sedentária. Noturna e crepuscular, pode ser vista a alimentar-se ainda cedo, antes do anoitecer (Svensson *et al.*, 2012). Em Portugal Continental ocorre praticamente em todo o território, embora de forma mais descontínua no Norte, onde os habitats preferenciais se encontram menos representados (Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015; Rufino, 1989; Equipa Atlas, 2008). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal, que apresentam dados relativos até ao ano de 2005 (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989), a sua distribuição não parece ter sofrido alterações significativas nas duas últimas décadas. Notando-se, no entanto, a sua aparente ausência no interior do barlavento algarvio, passado antes a ocorrer no litoral. Podendo isto dever-se ao abandono agrícola e à proliferação de matos e florestações de produção.

O Mocho-d'orelhas é uma espécie estival comum. Reproduz-se em bosques abertos de árvores de folha caduca ou mistos, pequenas matas em terrenos agrícolas, pátios de igrejas, parques de cidades e em grandes jardins, sejam viçosos ou degradados; também pode ser encontrado em montanhas florestadas até 1500m ou mais. Migrador, inverte sobretudo em África, a sul do Saara, mas uma minoria fica no sul da Europa e norte de África. De hábitos noturnos (Svensson *et al.*, 2012). Em Portugal Continental, a espécie surge praticamente em todo o território nacional, tendo uma distribuição mais contínua nas Beiras interiores, Trás-os-Montes e Minho (Rufino, 1989; Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) a sua distribuição apresenta uma ligeira diminuição no centro e sul do país e que parece estar associada à conversão da agricultura tradicional em regadios ou florestas de produção.

O Bufo-real é uma espécie residente pouco comum. Residente em montanhas e florestas, preferindo áreas com rochas, escarpas íngremes e árvores velhas (de preferência coníferas). Sedentário. Noturno e em parte crepuscular (Svensson *et al.*, 2012). A sua distribuição em Portugal Continental, apesar de não ser contínua, é vasta e compreende uma larga parte do território continental, indo praticamente do Algarve até ao Norte e do litoral oeste à fronteira com Espanha. Sendo claramente mais comum no interior, dada a disponibilidade de habitats rupícolas, tão importantes para a sua nidificação (Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015; Rufino, 1989; Equipa Atlas, 2008). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) a sua distribuição não parece ter sofrido alterações significativas nas duas últimas décadas.

O Mocho-galego é uma espécie residente abundante. Na Europa reproduz-se em zonas baixas e abertas com uma mistura de campos, pequenas matas, vinhas, pomares, prados, escarpas, jardins, parques e sebes; mais para Sul pode ser encontrada em áreas semidesérticas. Sedentário. Parcialmente diurno (Svensson *et al.*, 2012). Ocorre ao longo de todo o território continental, sendo claramente mais comum na metade sul de Portugal. A continuidade da sua área de distribuição parece ser apenas interrompida em algumas regiões, como no extremo noroeste, no interior transmontano, no interior centro ou no noroeste algarvio (Equipa Atlas, 2008). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) a sua distribuição não parece ter sofrido alterações significativas nas duas últimas décadas. No entanto tem-se vindo a observar algumas tendências negativas locais devido a mudanças agrícolas em

grande escala. Sendo possível que esta espécie possa estar a sofrer de uma diminuição na sua densidade que ainda não se reflete na sua distribuição (Lourenço *et al.*, 2015).

A Coruja-do-mato é uma espécie residente abundante. Nidifica em florestas, parques, terrenos agrícolas com árvores, preferindo árvores velhas de folha caduca (em especial carvalhos antigos, etc., com buracos grandes); habita em jardins e cidades, na vizinhança do homem, pode até pousar em edifícios e caçar roedores em redor de quintais e casas. Sedentária, raramente se movimenta mais que alguns quilómetros. Noturna (Svensson *et al.*, 2012). Ocorre de norte a sul de Portugal Continental, mas está ausente ou presente em baixa densidade no interior norte e em áreas agrícolas do Baixo Alentejo, sul de Portugal (Lourenço *et al.*, 2015; Equipa Atlas, 2008). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) a sua distribuição não parece ter sofrido alterações significativas nas duas últimas décadas.

O Bufo-pequeno é uma espécie residente pouco comum. Reproduz-se em florestas perto de áreas abertas, em pequenas matas entre campos cultivados, em parques vastos com coníferas, sebes altas, etc. Noturno e crepuscular (Svensson *et al.*, 2012). Apresenta uma distribuição muito fragmentada de norte a sul de Portugal Continental, destacando-se alguma continuidade apenas na Estremadura, Ribatejo e Beira Baixa (Equipa Atlas, 2008). É provável que a sua distribuição seja mais ampla, no entanto devido ao seu comportamento discreto o conhecimento atual sobre esta espécie é ainda insuficiente (Rufino, 1989; Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) a sua distribuição não parece ter sofrido alterações significativas nas duas últimas décadas.

A Coruja-do-nabal é uma espécie invernante e pouco comum. Nas áreas de reprodução no Centro/Norte da Europa, reproduz-se em charnecas, em matos no meio de prados e em terrenos pantanosos, especialmente em zonas arborizadas elevadas em florestas boreais abertas. Parcialmente diurna, pode ser ativa durante o “dia” no Verão boreal (Svensson *et al.*, 2012). Em Portugal, esta espécie ocorre por todo o território continental em baixas densidades e de forma algo localizada, conhecendo-se alguns locais tradicionais de ocorrência, nomeadamente zonas estuarinas onde se verifica a sua ocorrência associada a sapais e a salinas, mas também pode ser encontrada em barragens e campos de arroz no Alentejo (Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015).

O Noitibó-cinzento é uma espécie estival comum. Reproduz-se em pinhais abertos de solos arenosos, muitas vezes com alguns terrenos pantanosos mais secos e vegetação dispersa e clareiras com pinheiros jovens; em bosques mistos ou com árvores de folha caduca mais abertos e com clareiras, em solos arenosos. Estival (sobretudo entre Maio-Setembro); inverte em África (Svensson *et al.*, 2012). Em Portugal Continental ocorre principalmente ao longo da costa e mais continuamente na metade norte do país, no entanto, também é comum no interior Norte (Rufino, 1989; Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) observa-se um aumento da sua área de distribuição em algumas regiões do país, especialmente em Trás-os-Montes e Alto Douro, nas Beiras, na Estremadura e no Alentejo. Este aumento pode dever-se a uma maior disponibilidade de clareiras e zonas de matos, criadas quer pelos incêndios florestais, quer também pelo crescente abandono das zonas rurais.

O Noitibó-de-nuca-vermelha é uma espécie estival comum. Reproduz-se em charnecas de solos arenosos, com grupos de árvores e vegetação arbustiva, ou em pinhais-mansos; inverte no oeste de África

(Svensson *et al.*, 2012). De hábitos crepusculares ou noturnos (Equipa Atlas, 2008). Em Portugal Continental ocorre predominantemente na zona de influência mediterrânica, sendo mais comum no interior do Alentejo e Algarve (Rufino, 1989; Cabral *et al.*, 2005; Lourenço *et al.*, 2015). Ao comparar os dois últimos Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (Equipa Atlas, 2008; Rufino, 1989) a sua distribuição não parece ter sofrido alterações significativas nas duas últimas décadas.

3.2. Recolha de dados

As análises realizadas em torno deste estudo foram baseadas nos dados recolhidos no âmbito do Programa NOCTUA-Portugal para a monitorização de aves noturnas em Portugal Continental, coordenado pelo Grupo de Trabalho sobre Aves Noturnas (GTAN) da Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves (SPEA). É um programa de monitorização a longo-termo que tem por base o recurso a observadores voluntários que pretendam participar neste projeto. Cada observador é responsável pela monitorização das aves noturnas numa quadrícula de 10 x 10 km (sistema quadrícula UTM – Universal Transverse Mercator). Este tem de escolher cinco pontos de censo espaçados entre si pelo menos 1.5 km. Esses pontos deverão ser repetidos durante três vezes no ano (Tabela 1) e as visitas aos mesmos devem seguir sempre a mesma ordem (GTAN-SPEA, 2011b).

Tabela 1- Períodos de realização das três visitas do Programa NOCTUA-Portugal, tendo em conta a latitude.

	1ª visita	2ª visita	3ª visita
Norte de Portugal	15 Dez – 31 Jan	15 Mar – 30 Abr	15 Mai – 15 Jun
Sul de Portugal	1 Dez – 15 Jan	1 Mar – 15 Abr	1 Mai – 31 Mai

Os pontos devem ser escolhidos tendo em conta a representatividade dos habitats da quadrícula, de modo a abranger a diversidade de habitats presentes. Devendo-se privilegiar os habitats mais favoráveis para as aves noturnas. Os pontos de censo devem ser locais de acesso público e aos quais se possa aceder rapidamente em viatura. Devem evitar-se locais com muito ruído como estradas principais e ribeirinhas com bastante caudal. O período de escuta tem início 15 minutos após o ocaso e preferencialmente não se deverá estender para além de duas horas após o pôr-do-sol. Tendo de se estar em cada ponto durante 10 minutos de escuta em silêncio, no qual se anotarão todos os indivíduos escutados ou observados. Em cada ponto o objetivo é determinar quantos indivíduos de cada espécie estão presentes, identificando sempre que possível o sexo dos mesmos. Na ficha de campo deve-se registar o minuto em que se ouviu pela primeira vez cada indivíduo. As visitas devem ser realizadas em noites com condições meteorológicas favoráveis, sem chuva ou vento moderado ou forte. Em cada ponto é registado a hora, fase da lua, visibilidade da lua, luminosidade, nebulosidade e intensidade do vento (GTAN-SPEA, 2011b).

3.3. Análise de dados

3.3.1. **Comparação das metodologias analíticas**

A seleção do modelo a utilizar é uma das partes mais importantes de um trabalho de monitorização de tendências populacionais, envolvendo a procura de um modelo eficaz e que descreva bem os dados observados. Por essa razão, com base nos dados recolhidos ao longo dos últimos seis anos, pretendeu-se comparar a eficiência de quatro metodologias de análise de dados, de diferentes graus de complexidade, de modo a se poder avaliar as suas limitações e aferir qual delas era a mais adequada e que dava resultados mais robustos para este estudo. Definiram-se quatro metodologias de análise frequentemente utilizadas em

estudos de monitorização de aves (Meirinho *et al.*, 2013; Penteriani *et al.*, 2007; Penteriani & Delgado, 2009; SEO/BirdLife, 2013): I) análise gráfica simples; II) modelos lineares generalizados (GLM-Poisson e GLMM); III) modelos aditivos generalizados (GAM e GAM-mgcv); e IV) aplicação do *software* TRIM (TRENDS & INDICES FOR MONITORING DATA). Sabendo que duas delas já têm vindo a ser utilizadas pelo Programa NOCTUA-Portugal, nomeadamente a análise gráfica simples e GLM-Poisson.

3.3.1.1. Análise gráfica simples

Com a análise gráfica simples pretendeu-se avaliar a tendência que cada espécie apresentava ao longo dos últimos 6 anos (2009 até 2015), analisando o padrão visual num gráfico de médias anuais com os intervalos de confiança de 95%. A tendência foi obtida em percentagem pela diferença entre a média do último e do primeiro ano de seguimento. O gráfico foi produzido no *software* R 3.2.2 (R Core Team, 2015), com a livreria *gplots* (Box 1) (Warnes *et al.*, 2015).

Box 1 - Código de realização da análise gráfica simples em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego.

```
library(gplots)
plotmeans(anoc~year, data=dados, bars=TRUE, p=0.95, xlab="ano", ylab="territórios/quadrícula de Mocho-galego", n.label=FALSE, col="black", barwidth=1.6, barcol="black", connect=TRUE, mean.labels=FALSE)
```

3.3.1.2. GLM

Os modelos lineares generalizados (GLMs) surgiram na literatura estatística no início de 1970 (Nelder & Wedderburn, 1972) e como o nome indica, são uma extensão do modelo linear clássico (McCullagh, 1984).

Representam uma classe de modelos de regressão para vários tipos de variáveis dependentes onde o preditor linear inclui apenas efeitos fixos (Hedeker, 2005) e permite a generalização ou flexibilização dos modelos lineares clássicos de variáveis contínuas, de forma que todas as estruturas para a estimação e predição em modelos lineares normais, possa ser entendida para os modelos não lineares (Resende & Biele, 2002).

O GLM é definido por três componentes (Müller, 2004; Quinn & Keough, 2002; Resende & Biele, 2002):

- um **componente aleatório** associado à distribuição da variável resposta;

Sendo que a distribuição da variável resposta deve pertencer à família exponencial de distribuições, que inclui normal, binomial, Poisson, gama e binomial negativa. Se Y for uma variável contínua, a sua distribuição de probabilidade pode ser normal; se Y é binário (por exemplo: vivo ou morto), a distribuição de probabilidade pode ser binomial; se Y representa contagens a distribuição de probabilidade pode ser de Poisson.

- um **componente sistemático linear** nos parâmetros, denominado preditor linear ou estrutura linear do modelo;

Estes preditores podem ser contínuos e/ou categóricos e interações entre preditores e funções polinomiais de preditores também podem ser incluídos.

- uma **função de ligação**, a qual combina o componente aleatório e o componente sistemático, ou seja, relaciona a média ao preditor linear.

Dizemos que uma distribuição é um membro da família exponencial, se a sua função massa de probabilidade (se Y discreto) ou a sua função de densidade (se Y contínua) tem a seguinte forma (Hastie & Tibshirani, 1986; Müller, 2004):

$$f(y; \theta, \Phi) = \exp \left\{ \frac{y\theta - b(\theta)}{a(\Phi)} + c(y, \Phi) \right\}$$

onde θ é chamado de parâmetro canónico ou natural e Φ é o parâmetro de perturbação (*nuisance parameters*), que é relevante apenas para algumas das distribuições. Este é o componente aleatório do modelo. Também assumimos que a expectativa de Y , denotada por μ , está relacionado com o conjunto de covariáveis X_1, X_2, \dots, X_p por $g(\mu) = \eta$, onde $\eta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p$. η é o componente sistemático e $g(\cdot)$ é a função de ligação. Note-se que a média μ está relacionada com o parâmetro natural θ por $\mu = b'(\theta)$. Além disso, a ligação mais comumente utilizada para um dado f é chamada de ligação canónica, para o qual $\eta = \theta$ (Hastie & Tibshirani, 1986).

3.3.1.2.1. GLM – Poisson

A distribuição utilizada para este estudo foi a de Poisson que tem por característica a análise de dados contados na forma de proporções ou razões de contagem com função de densidade de probabilidade (McCullagh & Nelder, 1989; Zeileis *et al.*, 2008).

$$f(y; \mu) = \frac{\exp(-\mu) \cdot \mu^y}{y!}$$

A ligação canónica é $g(\mu) = \log(\mu)$, resultando numa relação log-linear entre a média e preditor linear. A variância no modelo Poisson é idêntica à média, portanto, a dispersão é fixada em $\Phi = 1$ e a função de variância é $V(\mu) = \mu$ (Zeileis *et al.*, 2008).

Os GLMs – Poisson foram realizados utilizando a contagem das diferentes espécies como variável resposta e a época de amostragem como variável explicativa. Os modelos foram validados utilizando os gráficos de diagnóstico. Os modelos foram calculados no *software* R 3.2.2 (R Core Team, 2015) pela função `glm()` (Chambers & Hastie, 1992) e `family=poisson` (Box 2).

Box 2 - Código de realização de GLM-Poisson em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”) e a variável explicativa ano (“year”).

```
glm1=glm(anoc~year, family=poisson)
summary(glm1)
glm1=glm(anoc~year, family=poisson)
plot(year,anoc, ylab=" territórios/quadrícula de Mocho-galego ", xlab="ano",pch=16)
abline(glm1)
```

Porém os dados não são independentes, uma vez que a informação recolhida na mesma quadrícula em diferentes anos conduz a uma potencial dependência do fator “quadrícula” e por essa razão poderá ser mais correto utilizar, em vez de um GLM, um GLMM que tem em conta a dependência dos dados. No entanto é necessário aferir se este modelo corre com os dados existentes e se tem um melhor ajuste dos dados que o GLM.

3.3.1.2.2. GLMM

Os modelos lineares generalizados mistos (GLMMs) são uma extensão dos modelos lineares generalizados em que o preditor linear contém efeitos aleatórios, além dos efeitos fixos habituais (daí serem modelos mistos). Os efeitos aleatórios são tipicamente incluídos em análises de dados agrupados e/ou longitudinais que representam a correlação de dados (Hedeker, 2005; McCulloch & Neuhaus, 2005; Breslow & Clayton, 1993). Neste caso, a quadrícula é responsável por uma repetição espacial das amostragens em épocas diferentes, que pode ser responsável pela correlação dos dados.

Sendo assim, os GLMMs são especialmente úteis em análises de dados correlacionados não-normais (Hedeker, 2005; McCulloch & Neuhaus, 2005; Breslow & Clayton, 1993) e fornecem uma estrutura unificada para o tratamento de modelos exponenciais da família de regressão, dados sobredispersos e estudos longitudinais normalmente associados à presença de efeitos aleatórios (Gamerman, 1997).

Sabendo que, Y_{ij} é de forma família exponencial: $Y_{ij} | \theta_{ij}, \Phi_1 \sim p(\cdot)$, onde $p(\cdot)$ é um membro da família exponencial, isto é (Fong *et al.*, 2010),

$$f(y_{ij}; \theta_{ij}, \Phi_1) = \exp \left\{ \frac{y_{ij} \theta_{ij} - b(\theta_{ij})}{a(\Phi_1)} + c(y_{ij}, \Phi_1) \right\},$$

para $i = 1, \dots, m$ unidades (clusters) e $j = 1, \dots, n_i$, medições por unidade e onde θ_{ij} é o parâmetro canônico (escalar). Vamos $\mu_{ij} = E[Y_{ij} | \beta, \mathbf{b}_i, \Phi_1] = b' \theta_{ij}$ com

$$g(\mu_{ij}) = \eta_{ij} = \mathbf{x}_{ij} \beta + \mathbf{z}_{ij} \mathbf{b}_i,$$

Onde

$g(\cdot)$ é uma função de ligação monótona;

\mathbf{x}_{ij} é $1 \times p$ com β um vetor de efeitos fixos $p \times 1$

\mathbf{z}_{ij} é $1 \times q$, com e \mathbf{b}_i um vetor de efeitos aleatórios $q \times 1$,

Daí $\theta_{ij} = \theta_{ij}(\beta, \mathbf{b}_i)$ (Fong *et al.*, 2010).

Os GLMMs (distribuição Poisson) foram realizados utilizando a contagem das diferentes espécies como variável resposta, a época de amostragem como variável explicativa e a quadrícula como fator aleatório. Os modelos foram validados utilizando os gráficos de diagnóstico. Os modelos foram calculados no *software* R 3.2.2 (R Core Team, 2015), com a livreria lme4 (Box 3) (Bates *et al.*, 2015).

Box 3 - Código de realização de GLMM em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”), a variável explicativa ano (“year”) e a quadrícula como fator aleatório (“quad”).

```
library(lme4)
glmm1<-lmer(anoc~year+(1|quad), data=dados, family=poisson)
summary(glmm1)
```

O *software* R reportou avisos para todas as espécies informando que os dados apresentavam algumas limitações para este tipo de análise, no entanto forneceu na mesma o respetivo resultado (Box 4).

Box 4 - Exemplo de erro dado em R ao calcular o GLMM para Mocho-galego.

```
Model failed to converge with max|grad| = 0.173676 (tol = 0.001, component 1)
Model is nearly unidentifiable: very large eigenvalue
- Rescale variables?
Model is nearly unidentifiable: large eigenvalue ratio
- Rescale variables?
```

3.3.1.3. GAM

Por vezes as regressões não são lineares e uma reta pode não ser a forma mais adequada de representar os dados, por isso é importante usar metodologias que permitam reconhecer padrões não lineares, como é o caso dos modelos aditivos generalizados (GAMs).

Os modelos aditivos generalizados são modificações não-paramétricas de GLMs onde cada preditor está incluído no modelo como uma função de alisamento não-paramétrica (*smooth function*; Quinn & Keough, 2002). Estes modelos escolhem um conjunto de intervalos, partindo secções de dados e fazendo regressões lineares de modo a se obter um melhor ajustamento dos mesmos e por essa razão é que se denomina por modelo aditivo. Ou seja, os GAMs apresentam curvas em vez de retas permitindo assim regressões não lineares. Estes não dão tendências, mas sim uma interpretação visual entre os diferentes anos, permitindo uma avaliação muito mais rigorosa que os GLMs que apenas fornecem uma tendência linear ponderadas dos anos em estudo (Everitt, 2005).

Os GAMs substituem a forma linear $\sum \beta_j X_j$ pela soma de funções *smooth* $\sum s_j(X_j)$. Os $s_j(\cdot)$'s são funções não especificadas que são estimadas utilizando um *scatterplot smoother*, num processo iterativo que é chamado de algoritmo de pontuação local (local scoring algorithm) (Hastie & Tibshirani, 1986). Assim como os GLMs, os GAMs usam uma função de ligação para estabelecer uma relação entre a média da variável resposta e uma função *smoothed* da(s) variáveis explicativas. Os GAMs possuem a capacidade de lidar com relações altamente não-lineares e não-monótonas entre a variável resposta e o conjunto de variáveis explicativas (Guisan *et al.*, 2002).

Sabendo que um *smoother* é uma ferramenta para resumir a tendência de uma medição de resposta Y como uma função de uma ou mais medições do preditor X_1, \dots, X_p . Isto produz uma estimativa da tendência que é menos variável que o próprio Y , daí o nome *smoother*. Uma propriedade importante de um *smoother* é a sua natureza não-paramétrica: este não assume uma forma rígida para a dependência de Y em X_1, \dots, X_p . Por esta razão, um *smoother* é muitas vezes referido como uma ferramenta para as regressões não-paramétricas. A estimativa produzida por um *smoother* é chamada por *smooth*. O caso de preditor único (*single predictor*) é o mais comum e é chamado de *scatterplot smoothing* (Hastie & Tibshirani, 1990).

Existem diversos tipos de *scatterplots smoothers*, por exemplo, o running lines, running mean, running median, running least squares line, kernel estimate, spline e o LOESS (Hastie & Tibshirani, 1986; Yee & Mitchell, 1991).

Sendo assim, os GAMs são uma alternativa para a modelação de relações não lineares que não apresentam uma forma definida, baseados em funções não paramétricas em que a forma da associação é definida pelos próprios dados (Quinn & Keough, 2002).

3.3.1.3.1. GAM – LOESS (span=0.6)

O tipo de *scatterplot smoother* utilizado neste estudo foi o locally weighted regression (LOESS - locally weighted scatterplot smoother), um dos modelos aditivos mais simples, sendo uma forma de estimar uma superfície de regressão através de um procedimento de *smoothing* multivariado, encaixando uma função das variáveis independentes no local e na forma em movimento análogo ao modo como uma média móvel é calculada para uma série de tempo. Com um encaixe local, pode-se estimar uma classe muito maior de superfícies de regressão do que com as classes habituais de funções paramétricas, tais como os polinómios (Cleveland & Devlin, 1988).

Esta técnica tem a vantagem de não ser sensível a *outliers* (por conseguinte, é robusta) e permite ao utilizador ajustar facilmente o grau de alisamento (*smoothing*) sem a curva ter uma forma excessivamente enroscada (*wiggly*). O resultado de uma regressão LOESS é uma linha que melhor se ajusta aos dados localmente, mas não é obrigado a ser de uma forma matemática particular. A curva resultante não é sensível a observações em falta e pode ser usada como uma ferramenta útil para encontrar observações espúrias ou periféricas (Cleveland, 1979; Cleveland & Devlin, 1988).

Os *Smoothers* requerem a escolha de um span, a fim de operar. Sendo que, quanto maior o span, mais suave é a curva. Este é escolhido a partir dos dados (Yee & Mitchell, 1991). O valor de span que melhor se ajustou aos dados foi span=0.6 (comparando o AIC – Akaike Information Criterion – dos modelos com diferente span), significando isso que utilizou porções de 60% dos dados para fazer retas de regressão.

Os LOESS foram realizados utilizando a contagem das diferentes espécies como variável resposta e a época de amostragem como variável explicativa. Os modelos foram calculados no *software* R 3.2.2 (R Core Team, 2015), pela função `gam()`, com a livreria `gam` (Box 5) (Hastie, 2015).

Box 5 - Código de realização de GAM-LOESS (span=0.6) em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“anoc”) e a variável explicativa ano (“year”).

```
library(gam)
gam1=gam(anoc~lo(year,span=0.6))
summary(gam1)
plot(gam1,se=TRUE,residuals=TRUE,xlab="ano",ylab="n territórios Mocho-galego (f)",main="LOESS
(span=0.6)")
```

3.3.1.3.2. GAM - mgcv

O modelo aditivo generalizado com recurso ao `mgcv` produz um tipo de GAM mais rigoroso que utiliza a penalização quadrática. A implementação do `mgcv` no `gam` representa as funções suaves (*smooth*) usando splines de regressão penalizados e por omissão, utiliza funções de base para esses splines que são desenhados para ser o ideal, dadas as funções de base número (*number basis functions*) utilizadas. Os termos suaves (*smooth*) podem ser funções de qualquer número de co-variáveis e o usuário tem algum controle sobre como a suavidade (*smoothness*) das funções é medida (Wood, 2016).

O GAM em `mgcv` resolve o problema de estimação de parâmetros *smoothing* utilizando o Generalized Cross Validation (GCV) (Wood, 2016)

$$\eta D / (n - DoF)^2$$

ou um critério Un-Biased Risk Estimator (UBRE)

$$D / n + 2sDoF / n - s$$

onde D é o desvio (*deviance*), n o número de dados, s o parâmetro de escala e DoF os graus de liberdade efetivos do modelo. Observe que UBRE é efetivamente apenas um AIC redimensionado, mas só é utilizado quando s é conhecido (Wood, 2016).

As alternativas são GACV ou uma aproximação de Laplace REML. Há algumas evidências de que este último pode realmente ser a escolha mais eficaz. O principal desafio computacional resolvido pelo *package* *mgcv* é otimizar os critérios de seleção suavidade (*smoothness*) eficientemente e de forma confiável (Wood, 2016).

Os GAMs – *mgcv* foram realizados utilizando a contagem das diferentes espécies como variável resposta e a época de amostragem como variável explicativa. Porém, este método deu erro no *software* R, devido ao insuficiente número de épocas de amostragem para este tipo de complexidade de modelo e por essa razão não foi calculado. Por essa razão, não se tentou realizar os GAMMs, uma vez que o GAM – *mgcv* já não corria no *software* R e estes são ainda mais complexos. Os modelos foram realizados no *software* R 3.2.2 (R Core Team, 2015), com a livreria *mgcv* (Box 6) (Wood, 2016).

Box 6 - Código de realização de GAM-*mgcv* em R. Exemplo com a variável resposta Mocho-galego (“*anoc*”) e a variável explicativa ano (“*year*”).

```
library(mgcv)
M1=gam(anoc~s(year))
summary(M1)
plot(M1, se = TRUE)
M1pred <- predict(M1, se = TRUE, type = "response")
plot(anoc~year, type = "p",xlab = "ano",ylab = "n casais")
l1 <- order(year)
lines(year[l1], M1pred$fit[l1], lty = 1)
lines(year[l1], M1pred$fit[l1]+2*M1pred$se[l1],lty = 2)
lines(year[l1], M1pred$fit[l1]-2*M1pred$se[l1],lty = 2)
```

3.3.1.4. TRIM

TRIM (TRends & Indices for Monitoring data) (Pannekoek & van Strien, 1998) é um programa desenvolvido para a análise de dados de contagem obtidos a partir da monitorização de populações de animais selvagens. Este programa analisa séries temporais de contagens, usando uma Regressão de Poisson Logarítmica Linear (uma forma de modelo linear generalizado - GLM) e produz estimativas de índices anuais e tendências (Pannekoek & van Strien, 2005). Indica valores para quadrículas não visitadas: *missing values* (no caso de determinada quadrícula não ter sido visitada em determinado ano), com base em mudanças observadas nas quadrículas que foram monitorizadas nesse ano e na quadrícula com valores em falta em anos diferentes (Pannekoek & van Strien, 2005; Netherlands, 2015).

São vários os modelos que são utilizados no TRIM para analisar tendência e estimar índices (No time-effects, Linear trend e Time effects). Estes modelos pertencem à classe dos modelos loglinear que são

modelos lineares para o logaritmo de contagens esperados em tabelas de contingência (Pannekoek & van Strien, 2005). O modelo calculado no TRIM foi o Linear Trend, uma vez que foi o modelo que mais se ajustou aos dados existentes.

Linear Trend é um modelo com um efeito local e um efeito linear (na escala de log) do tempo que pode ser escrito como (Pannekoek & van Strien, 2005):

$$\text{Ln}\mu_{ij} = \alpha_j + \beta (j - 1)$$

De acordo com este modelo, os $\text{Ln}\mu_{ij}$'s para cada local i são uma função linear de j com declive β . A contagem esperada de log aumenta com uma quantidade β de um time-point para o próximo (Pannekoek & van Strien, 2005).

Realizaram-se dois tipos de análises com o *software* TRIM neste estudo, I) avaliou-se apenas as quadrículas onde se tinha observado pelo menos uma vez a presença desta espécie, como foi realizado para todos os outros estudos; e II) avaliaram-se todas as quadrículas independentemente da espécie alguma vez ter estado presente na mesma ou não. A segunda análise só foi testada nesta metodologia, uma vez que este *software* tem a capacidade de detetar dados em falta, não contabilizando assim as quadrículas onde a sua presença nunca foi detetada. Por essa razão os resultados foram idênticos tanto a nível quantitativo como visual, apesar de a segunda análise ter apresentado valores de erros padrão mais pequenos. Assim sendo procedeu-se apenas à realização da segunda análise (realizou-se as duas análises apenas para a espécie Coruja-das-torres, de modo a se poder observar os diferentes resultados) de modo a se utilizar todos os dados disponíveis e diminuir ao máximo o erro padrão associado.

3.3.2. Análise crítica à metodologia de censo

São diversas as variáveis que podem condicionar o registo de um maior número de aves noturnas. Por essa razão é de extrema importância analisar os dados recolhidos ao longo dos últimos seis anos pelo Programa NOCTUA-Portugal, tendo em conta essas mesmas variáveis de modo a aferir se a metodologia de censo é a mais adequada ou se pode ser otimizada.

Primeiro analisou-se o número de registos face à duração dos pontos de escuta; segundo comparou-se a eficiência do ponto de deteção com outros estudos e por fim avaliaram-se cinco variáveis dependentes (total de indivíduos detetados, riqueza específica e presença de Coruja-das-torres, Mocho-galego e de Coruja-do-mato) em função de cinco fatores (época do ano, variação das respostas ao longo da noite (ponto de escuta e minutos após o caso), efeito do vento, nebulosidade e luminosidade (fase da lua e percentagem de lua visível)).

Parte destas variáveis já foram analisadas no segundo relatório do programa após as duas primeiras épocas (GTAN-SPEA, 2011c), contudo essas análises foram apenas de carácter indicador, uma vez que a dimensão amostral reduzida e um elevado número de pontos de escuta sem registos (zeros) puderam limitar a obtenção de resultados conclusivos com base em análises estatísticas robustas.

Outras variáveis foram analisadas, nomeadamente o número total de indivíduos de cada uma das espécies em estudo e a presença das mesmas. Porém à exceção da presença para Coruja-das-torres, Mocho-galego e Coruja-do-mato, para as restantes espécies havia muito zeros, ou seja o número de dados não era suficiente para se obter resultados fidedignos.

O modelo clássico de regressão de Poisson para dados de contagem possui um uso limitado uma vez que os conjuntos de dados de contagem empíricos normalmente apresentam superdispersão e/ou um número excessivo de zeros. Esta limitação pode ser resolvida a partir da utilização de uma regressão binomial negativa. Estes modelos pertencem à família dos modelos lineares generalizados (GLMs). No entanto, embora estes modelos tipicamente possam capturar a superdispersão facilmente, eles são, em muitas aplicações insuficientes para modelar zeros em excesso (Zeileis *et al.*, 2008).

Por essa razão as variáveis dependentes foram analisadas segundo um GLM-Poisson e um GLM com binomial negativa de modo a se poder aferir qual deles era o que se ajustava melhor aos dados. Para todas as variáveis o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o GLM-Poisson, à exceção da variável dependente total de indivíduos que apresentou um valor de AIC do GLM-Poisson (5172,6) superior ao valor de AIC do GLM com binomial negativa (4756,4), mostrando isto que o GLM com binomial negativa era o modelo que melhor se ajustava ao dados e o mais correto a se utilizar para esta variável. Isto deve-se ao facto de os dados desta variável possuírem o aspeto de uma curva com uma cauda prolongada devido ao excesso de zeros e não um aspeto de uma distribuição de poisson que foi o observado para as restantes variáveis.

Os modelos foram calculados no *software* R 3.2.2 (R Core Team, 2015) pela função `glm()` (Box 7) e pela função `glm.nb()`, com a livreria MASS (Box 8) (Venables & Ripley, 2002).

Box 7 - Código de realização de GLM-Poisson em R. Exemplo com a variável dependente número total de indivíduos (“total”) e variável explicativa visita (“visita”).

```
glm1=glm(total~as.factor(visita), family=poisson)
summary(glm1)
```

Box 8 - Código de realização de GLM com binomial negativa em R. Exemplo com a variável dependente número total de indivíduos (“total”) e variável explicativa visita (“visita”).

```
library(MASS)
nbglm1<-glm.nb(total~as.factor(visita),link="log",data=dados)
summary(nbglm1,cor=FALSE)
```

3.3.2.1. Análise do número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos)

Com esta análise pretendeu-se verificar se os 10 minutos de escuta eram suficientes para a obtenção de um número de registos de aves noturnas representativo da envolvência do ponto de escuta que foi avaliado a partir de um gráfico de curva acumulada.

3.3.2.2. Comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos

3.3.2.2.1. Comparação por ponto de escuta

De modo a analisar a eficiência do ponto de deteção contabilizou-se o número de pontos de escuta em que cada espécie foi detetada em função do número total de pontos analisados, em comparação com os resultados obtidos noutras referências bibliográficas. Esta análise permitiu aferir a metodologia que apresentou um maior número de pontos em que cada uma das espécies foi avistada tendo em conta o número total de pontos analisados.

Contudo teve-se em atenção o facto de que a distribuição das espécies não é homogénea por todo o país, nem entre os diferentes países e por essa razão, a comparação de metodologias que se focam em diferentes regiões de Portugal ou em diferentes países deverá ter em especial atenção que determinada espécie poderá ser mais abundante num local em comparação com outro, não implicando isso que uma metodologia seja melhor que a outra, só porque apresenta um maior número de pontos onde a espécie é detetada.

3.3.2.2.2. Comparação por período de escuta

Avaliou-se igualmente o número de indivíduos detetados ao longo do período de escuta, comparando os resultados obtidos ao longo de 10 minutos de ponto de escuta neste estudo com outros estudos que possam ter utilizado outra metodologia ou a até mesmo um período de escuta diferente. Esta análise permitiu avaliar qual a metodologia e período de escuta que detetou um maior número de indivíduos.

3.3.2.3. Efeito da época do ano

De modo a analisar o efeito da época do ano na deteção de aves noturnas, verificou-se a resposta das cinco variáveis dependentes acima mencionadas, utilizando GLMs com a variável explicativa visita (três visitas ao longo do ano - de 1 dezembro a 31 janeiro, de 1 março a 30 abril e de 1 maio a 15 junho - variável categórica).

3.3.2.4. Variação das respostas ao longo da noite

3.3.2.4.1. Variação das respostas por pontos

De modo a aferir se o número de pontos de escuta, bem como o período da noite em que estes devem ser realizados é o mais recomendado para esta monitorização, analisou-se as cinco variáveis dependentes acima mencionadas, utilizando GLMs com a variável explicativa ponto de escuta com base na sua sequência ao longo da noite (cinco pontos de escuta sequenciais – variável categórica).

3.3.2.4.2. Efeito dos minutos após o ocaso

O efeito dos minutos após o ocaso pretendeu avaliar igualmente a variação das respostas ao longo da noite, porém este baseou-se no número de minutos que passaram após o ocaso em cada ponto de escuta (variável contínua), utilizando GLMs. A hora do ocaso para os diferentes dias de censo foi obtida a partir do site: <http://www.calendario-365.pt/>.

3.3.2.5. Efeito do vento no número de aves noturnas registadas

Para esta análise pretendeu-se analisar as cinco variáveis dependentes acima mencionadas, utilizando GLMs com a variável explicativa vento (3 classes de intensidade – vento: 1 = fraco, 2 = moderado, 3 = forte - variável categórica). De modo a se poder aferir se se deve evitar a realização de visitas em noites com ventos de maior intensidade.

3.3.2.6. Efeito da nebulosidade no número de aves noturnas registadas

Para esta análise pretendeu-se analisar as cinco variáveis dependentes acima mencionadas, utilizando GLMs com a variável explicativa nebulosidade (3 classes - cobertura por nuvens: 1 = 0 – 33%, 2 = 33 – 66%, 3

= 66 – 100% – variável categórica). De modo a se poder aferir se a realização das visitas deve ser realizada em função da percentagem de nebulosidade existente.

3.3.2.7. Efeito da luminosidade da lua no número de aves noturnas registadas

3.3.2.7.1. Fase da lua

Para esta análise considerou-se o efeito da luminosidade da lua nas cinco variáveis dependentes acima mencionadas, utilizando GLMs com a variável explicativa fase da lua (fase da lua: 1 = Lua nova (ou não visível), 2 = ¼ de lua visível, em fase crescente ou minguante, 3 = meia lua, 4 = ¾ de lua visível, em fase crescente ou minguante, 5 = lua cheia). Além da fase da lua teve-se também em consideração o efeito de a lua estar visível ou não.

3.3.2.7.2. Percentagem de lua iluminada

A análise da percentagem de lua iluminada permitiu avaliar igualmente o efeito da fase da lua, porém esta análise era tendo em conta a percentagem de lua iluminada (variável contínua) e não da fase da lua, utilizando igualmente GLMs. Os dados da percentagem de lua iluminada foram obtidos a partir do site: <http://www.calendario-365.pt/>.

O nível de significância para cada uma das análises apresentadas ao longo deste estudo foi definido como $p < 0,05$.

4. Resultados

4.1. Dados do Programa Noctua das últimas 6 épocas

O número de quadrículas atribuídas e recebidas nas seis épocas tem-se mantido relativamente estável, sendo realizadas e recebidas geralmente 2/3 a metade das quadrículas inicialmente atribuídas. As análises elaboradas neste estudo basearam-se na informação de 2059 pontos de escuta realizados em 72 quadrículas diferentes por mais de 120 colaboradores voluntários. Das quadrículas cujos resultados foram recebidos até Outubro de 2015, três foram amostradas nas seis épocas, nove foram amostradas em cinco épocas, quatro quadrículas foram visitadas em quatro épocas, 10 quadrículas foram visitadas em três épocas, 15 quadrículas foram visitadas em duas épocas e 31 em apenas uma época. Foram realizadas 140 amostragens no período da 1ª visita, 155 amostragens no período da 2ª visita e 110 amostragens no período da 3ª visita. No total registaram-se 1633 indivíduos pertencentes às espécies de aves noturnas (Tabela 2).

Tabela 2 - Informação geral relativa às seis épocas de amostragem do NOCTUA Portugal.

	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15
Nº de quadrículas atribuídas a colaboradores	43	66	47	49	50	51
Nº de quadrículas com resultados recebidos	23	29	31	28	26	33
(% recebidas face às atribuídas)	(53%)	(44%)	(66%)	(57%)	(52%)	(65%)
Nº de quadrículas com 3 visitas	16	20	14	15	12	17

Nº de quadrículas com 2 visitas	6	7	8	9	9	14
Nº de quadrículas com 1 visita	1	2	9	4	5	2
Nº total de visitas	61	76	67	67	59	81
Nº total de pontos	307	382	335	335	295	405

A época em que se obteve um maior número de quadrículas com resultados recebidos foi a de 2014/15 e a com menor número foi a primeira, indicando isto uma tendência positiva. No entanto houve um ligeiro decréscimo nas épocas 2012/13 e 2013/14 (Fig. 1).

O número de épocas em que se realizou uma mesma quadrícula foi decrescente (Fig. 2). A cobertura de quadrículas amostradas em Portugal Continental mostrou um enviesamento no sentido de uma percentagem maior na metade sul. Dentro desta zona, a grande Lisboa mostrou a maior concentração de quadrículas amostradas (Fig. 3).

Dado o reduzido número de registos não foi possível estimar a tendência populacional para a Coruja-do-nabal e por essa razão esta espécie não foi tida em conta neste estudo.

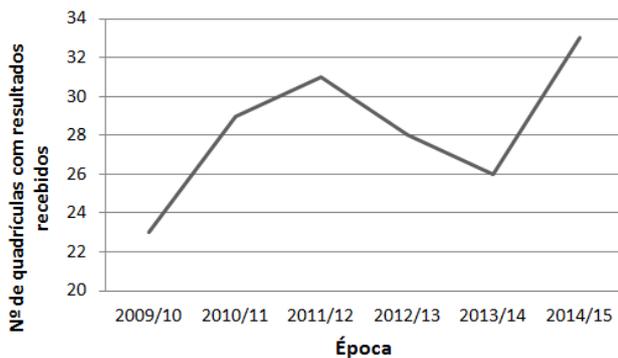


Figura 1 - Número de épocas em que se realiza uma mesma quadrícula.

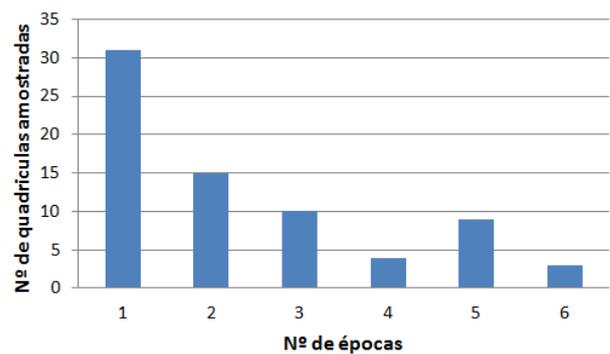


Figura 2 - Número de quadrículas com resultados recebidos por época

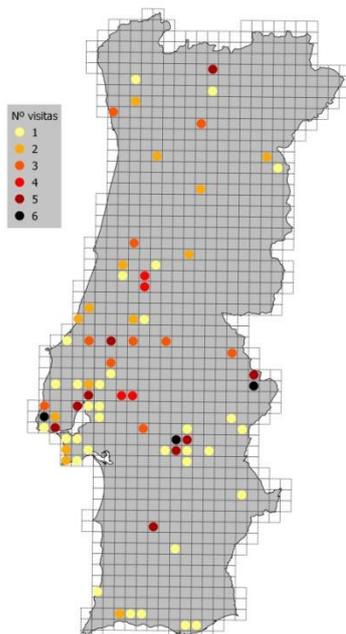


Figura 3 - Localização das quadrículas e número de vezes que foram amostradas nas seis épocas de censo (2009/10 - 2014/15). Fonte: GTAN-SPEA, 2015.

4.2. Análise de dados

4.2.1. Comparação das metodologias analíticas

4.2.1.1. Coruja-das-torres *Tyto alba*

A partir da análise gráfica simples constatou-se que a tendência era negativa, evidenciando um decréscimo da abundância relativa ao longo dos anos (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 3, Fig. 4). O mesmo se obteve a partir do GLM e GLMM, onde se pôde observar, a partir do gráfico do GLM (Fig. 5) uma reta de regressão com um declive negativo que corresponde à tendência negativa obtida. No entanto o intervalo de confiança da tendência do GLM em relação ao erro padrão cruzou o zero (variou de sinal), ou seja, a tendência do GLM não foi consistentemente negativa ao calcular o limite superior ($-0,040 + 0,052 = 0,012$) e o limite inferior ($-0,040 - 0,052 = -0,092$) relativamente ao erro padrão. Para além disso pôde-se observar que a tendência (declive da reta) não foi considerada significativa no GLM ($p = 0,44$), no entanto para o GLMM foi considerada significativa ($p < 0,001$) (Tabela 3).

A partir do GAM retirou-se a mesma conclusão ao comparar o gráfico obtido a partir deste (Fig. 6) com o gráfico da análise gráfica simples (Fig. 4), onde se constatou que estes eram semelhantes e que apresentavam claramente uma diminuição brusca do número/frequência de territórios de Coruja-das-torres detetados por quadrícula no ano 2013 para 2014, seguido de um aumento. Levando a que no fim a diferença entre o último e o primeiro ano de estudo fosse negativa. Os dados não apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,55$) (Tabela 3).

Os resultados obtidos a partir do TRIM mostraram igualmente uma tendência negativa, no entanto o intervalo de confiança da tendência em relação ao erro padrão cruzou o zero, mostrando uma baixa precisão do mesmo. As diferenças observadas entre os diferentes anos não foram consideradas significativas ($p = 0,78$) (Tabela 4, Fig. 7, Fig. 8).

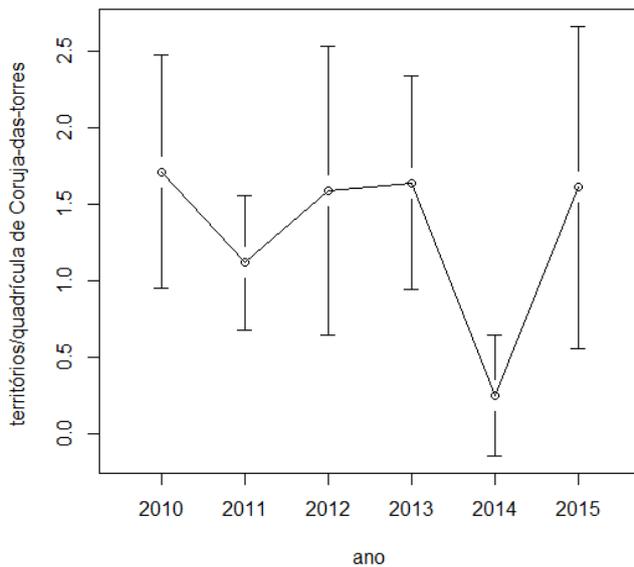
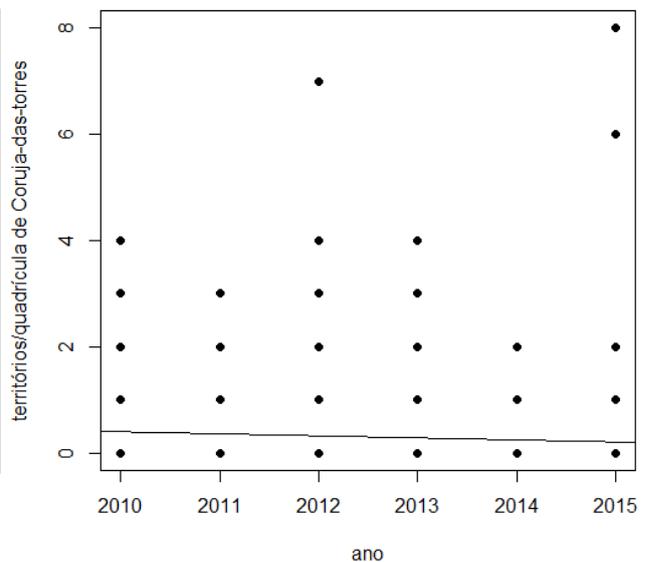
Sendo assim, todas as metodologias apontaram para uma tendência negativa na Coruja-das-torres, apesar de para o GLM e TRIM essa tendência não ser precisa.

Tabela 3 – Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Coruja-das-torres.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	-5,85		Negativo		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,040	0,052	Negativa	-0,771	0,44
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,027	0,005	Negativa	-5,931	< 0,001
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	0,81	0,81	0,37	0,55

Tabela 4 – Resultados obtidos a partir do TRIM (1ª coluna: só quadrículas com presença, 2ª coluna: todas as quadrículas) para Coruja-das-torres.

TRIM – só quadrículas com presença / todas as quadrículas								
Contagens	Nº total de contagens		Nº de contagens em falta		Nº de contagens em falta (%)			
		198	198	107	107	54%	54%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald		df		p			
	0,14	0,08	1	1	0,71	0,78		
Modelo do declive global	Aditivo		Erro padrão		Multiplicativo		Erro padrão	
	-0,025	-0,020	0,067	0,066	0,975	0,981	0,065	0,065
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo		Erro padrão		Multiplicativo		Erro padrão	
	-0,025	-0,019	0,068	0,067	0,975	0,981	0,066	0,066

**Figura 4** - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.**Figura 5** - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula a partir do GLM - Poisson.

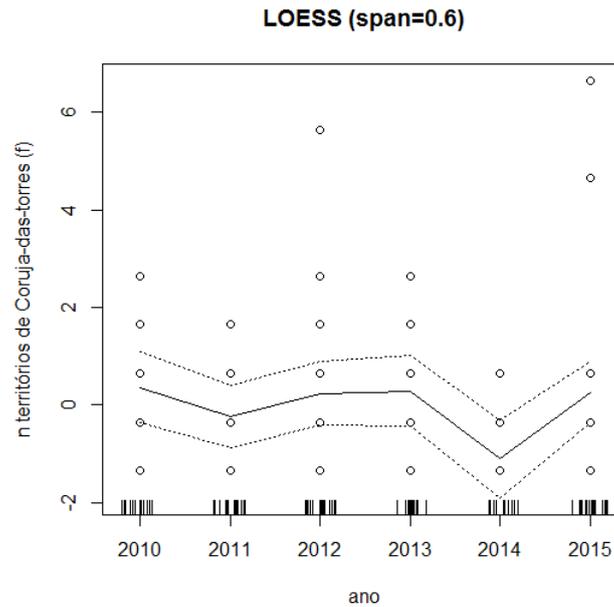


Figura 6 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

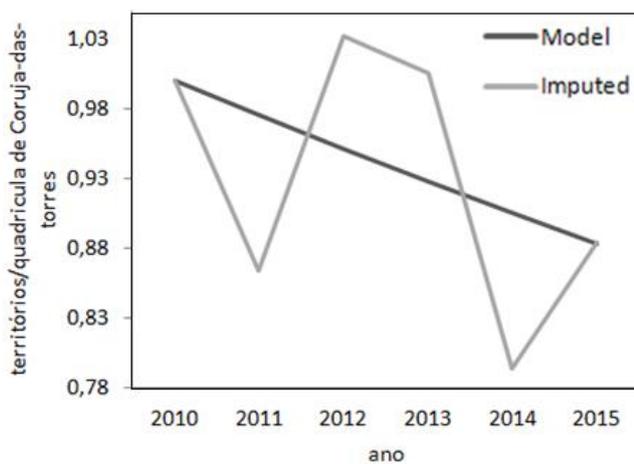


Figura 7 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula a partir do TRIM. Avaliação só com as quadrículas com presença da espécie.

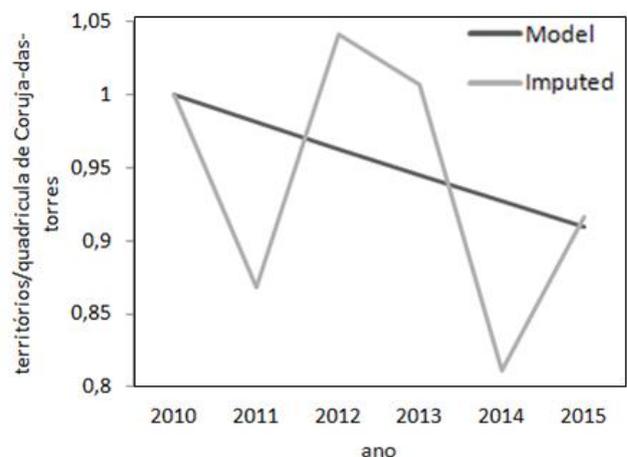


Figura 8 - Variação anual do número de territórios de Coruja-das-torres por quadrícula a partir do TRIM. Avaliação para todas as quadrículas.

4.2.1.2. Mocho-d'orelhas *Otus scops*

A partir da análise gráfica simples constatou-se que a variação da abundância relativa entre o primeiro e o último ano e correspondente tendência eram negativas (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 5, Fig. 9). O mesmo se obteve a partir do GLM e GLMM, onde se pôde observar, a partir do gráfico do GLM (Fig. 10) uma reta de regressão com um declive negativo que corresponde à tendência negativa obtida. Para além disso pôde-se observar que a tendência inferida nos seis anos não foi considerada significativa no GLM ($p = 0,21$), no entanto para o GLMM foi considerada significativa ($p = 0,026$) (Tabela 5).

A partir do GAM retirou-se a mesma conclusão ao comparar o gráfico obtido a partir deste (Fig. 11) com o gráfico da análise gráfica simples (Fig. 9), onde se constatou que estes eram semelhantes e que

apresentavam um pequeno decréscimo do número/frequência de territórios de Mocho-d'orelhas detetados por quadrícula do ano 2012 para 2013, seguido de um pequeno aumento. Levando a que por fim a diferença entre o último e o primeiro ano de estudo fosse negativa. Os dados não apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,40$) (Tabela 5).

Segundo os resultados obtidos a partir do TRIM a tendência foi igualmente negativa e as diferenças observadas entre os diferentes anos foram consideradas significativas ($p = 0,004$) (Tabela 6, Fig. 12).

Sendo assim, todas as metodologias foram concordantes ao apontar uma tendência negativa no Mocho-d'orelhas.

Tabela 5 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Mocho-d'orelhas.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	-37,06		Negativo		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,092	0,074	Negativa	-1,252	0,21
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,203	0,092	Negativa	-2,225	0,026
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	1,98	1,98	0,71	0,40

Tabela 6 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Mocho-d'orelhas.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	108	57	53%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	8,46	1	0,004	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	-0,330	0,113	0,719	0,082
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	-0,330	0,113	0,719	0,081

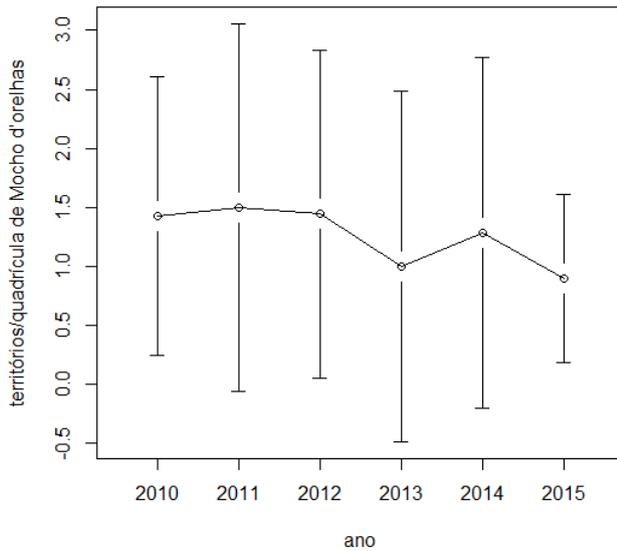


Figura 9 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d'orelhas por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.

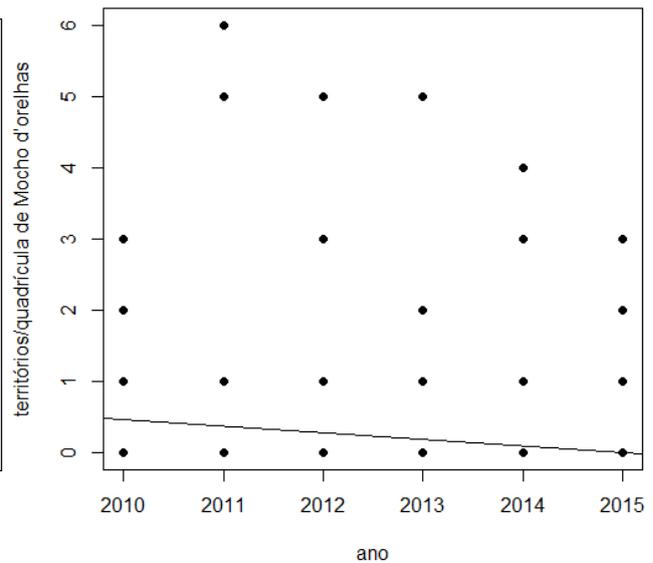


Figura 10 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d'orelhas por quadrícula a partir do GLM - Poisson.

LOESS (span=0.6)

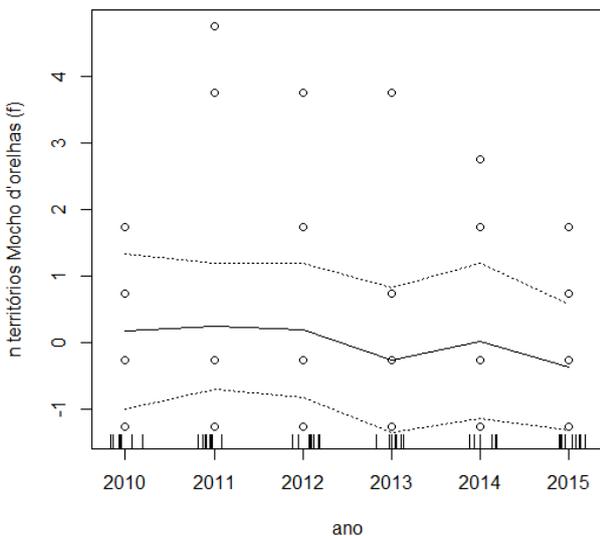


Figura 11 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d'orelhas por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

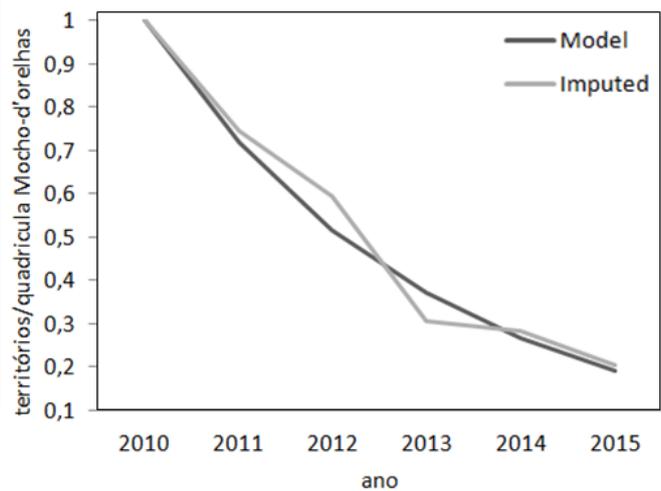


Figura 12 - Variação anual do número de territórios de Mocho-d'orelhas por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.3. Bufo-real *Bubo bubo*

Observou-se que os resultados da análise gráfica simples apresentaram uma variação da abundância relativa positiva bem como a sua tendência (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 7, Fig. 13). O mesmo se obteve a partir do GLM e GLMM, apesar de não ser possível observar uma reta de regressão no gráfico do GLM (Fig. 14) devido ao excesso de zeros presentes nos resultados. No entanto o intervalo de confiança da tendência de ambos em relação ao erro padrão cruzou o zero. Para além disso pôde-se observar que a tendência obtida não foi considerada significativa no GLM ($p = 0,46$), no entanto para o GLMM foi considerada significativa ($p = 0,026$) (Tabela 7).

A partir do GAM pôde-se tirar a mesma conclusão ao comparar os gráficos obtidos a partir da análise gráfica simples (Fig. 13) e do GAM (Fig. 15) que eram semelhantes e ambos apresentaram um pico máximo do número/frequência de territórios de Bufo-real no ano 2013. Levando a que a diferença entre o último e o primeiro ano fosse positiva. Os dados não apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,47$) (Tabela 7).

Os resultados obtidos a partir dos TRIM revelam igualmente uma tendência positiva, no entanto o intervalo de confiança da tendência em relação ao erro padrão cruzou o zero, levando a uma baixa precisão da mesma. As diferenças observadas entre os diferentes anos não foram consideradas significativas ($p = 0,50$) (Tabela 8, Fig. 16).

Sendo assim, todas as metodologias apontaram para uma tendência positiva no Bufo-real, apesar de para o GLM, GLMM e TRIM essa tendência não ser precisa.

Tabela 7 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Bufo-real.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	50		Positiva		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,090	0,124	Positiva	0,733	0,46
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,020	0,092	Positiva	-2,225	0,026
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	0,30	0,30	0,54	0,47

Tabela 8 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Bufo-real.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	84	36	43%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	0,46	1	0,50	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,134	0,1975	1,144	0,226
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,150	0,222	1,161	0,257

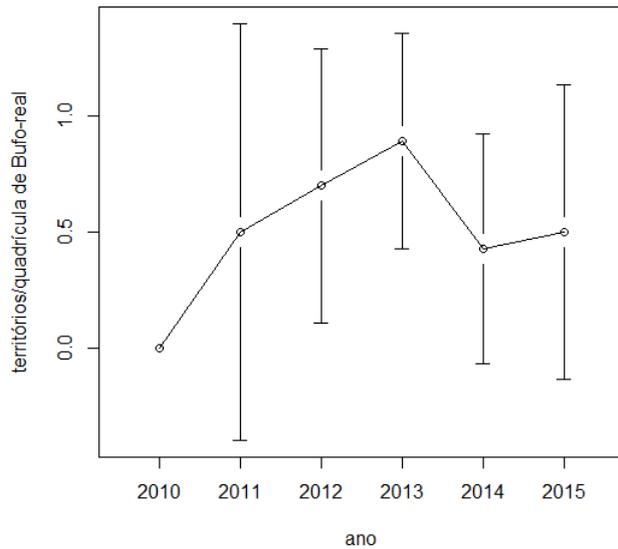


Figura 13 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.

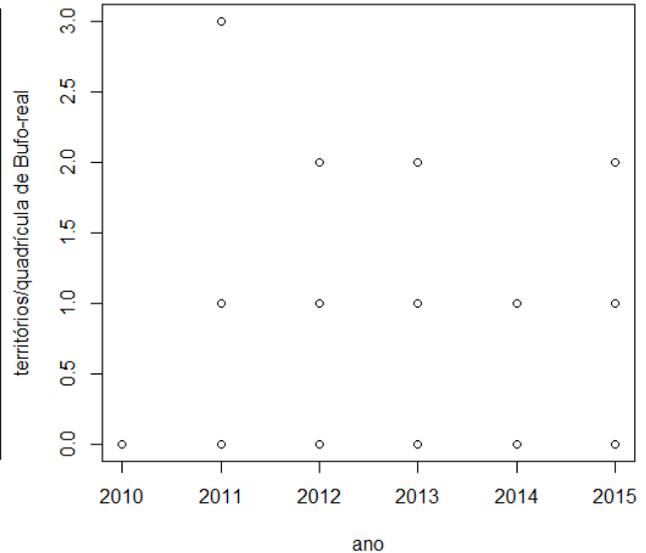


Figura 14 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula a partir do GLM – Poisson.

LOESS (span=0.6)

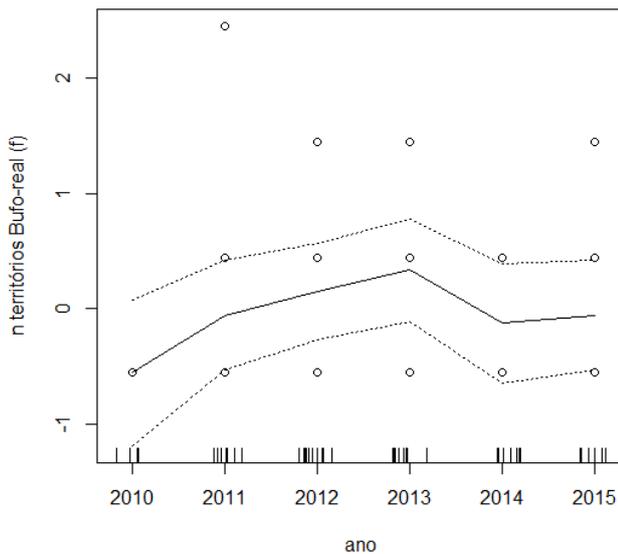


Figura 15 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

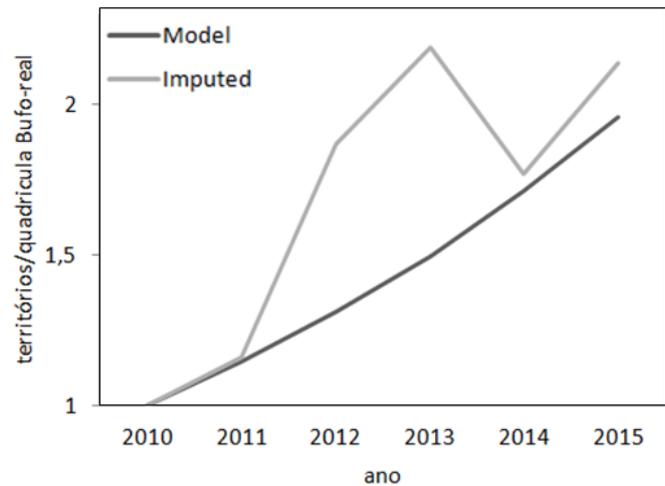


Figura 16 - Variação anual do número de territórios de Bufo-real por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.4. Mocho-galego *Athene noctua*

A partir dos resultados da análise gráfica simples verificou-se que a variação da abundância relativa e correspondente tendência eram negativas (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 9, Fig. 17). O mesmo se obteve a partir do GLM e GLMM, onde se pôde observar, a partir do gráfico do GLM (Fig. 18) uma reta de regressão com declive negativo que corresponde à tendência negativa obtida. Para além disso pôde-se observar que a tendência foi considerada significativa tanto no GLM ($p < 0,001$) como no GLMM ($p < 0,001$) (Tabela 9).

Segundo os resultados obtidos a partir do GAM pôde-se constatar que ao comparar o gráfico da análise gráfica simples (Fig. 17) com o gráfico do GAM (Fig. 19) estes eram semelhantes e que apresentavam uma diminuição do número/frequência de territórios de Mocho-galego detetados por quadrícula do ano 2013 para o ano 2015. Levando a que no fim a diferença entre o último e o primeiro ano de estudo fosse negativa. Os dados apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,04$) (Tabela 9).

Em relação aos resultados obtidos a partir do TRIM, observou-se novamente uma tendência negativa e as diferenças observadas entre os diferentes anos foram significativas (Tabela 10, Fig. 20).

Sendo assim todas as metodologias foram concordantes ao apontar uma tendência negativa.

Tabela 9 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Mocho-galego.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	-52,34		Negativa		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,104	0,028	Negativa	-3,686	< 0,001
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,129	0,0005	Negativa	-258,8	< 0,001
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	41,59	41,59	4,33	0,04

Tabela 10 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Mocho-galego.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	342	193	56%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	22,48	1	< 0,001	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	-0,178	0,038	0,837	0,032
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	-0,184	0,039	0,832	0,033

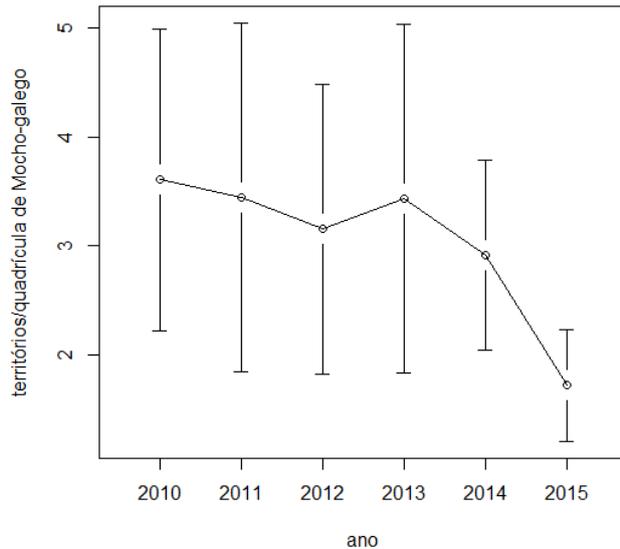


Figura 17 – Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.

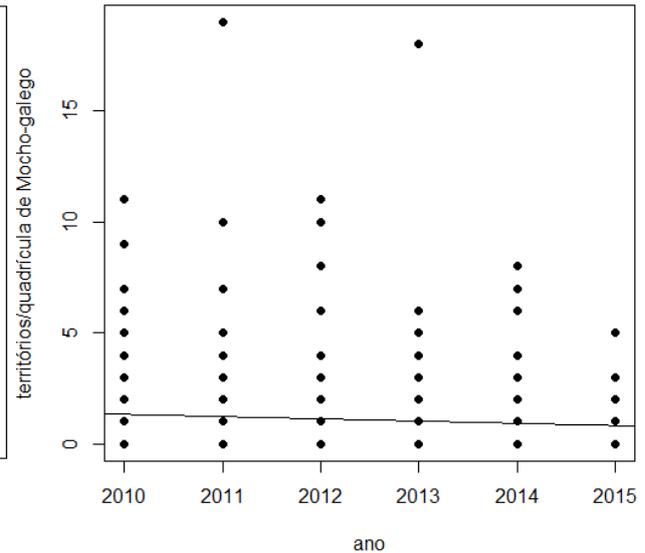


Figura 18 - Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula a partir do GLM – Poisson.

LOESS (span=0.6)

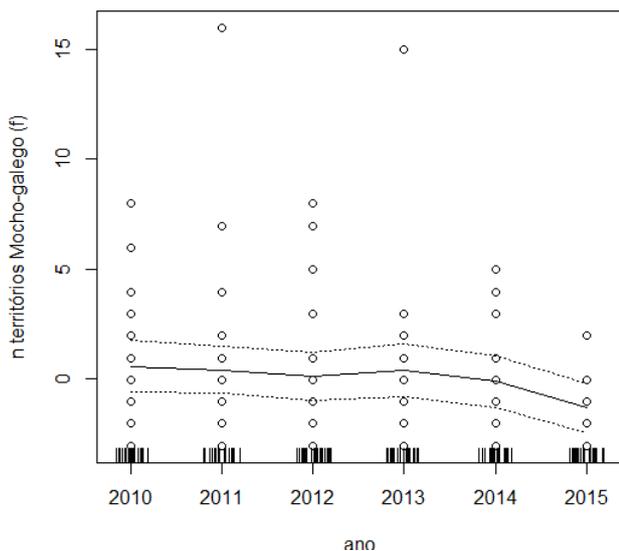


Figura 19 - Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

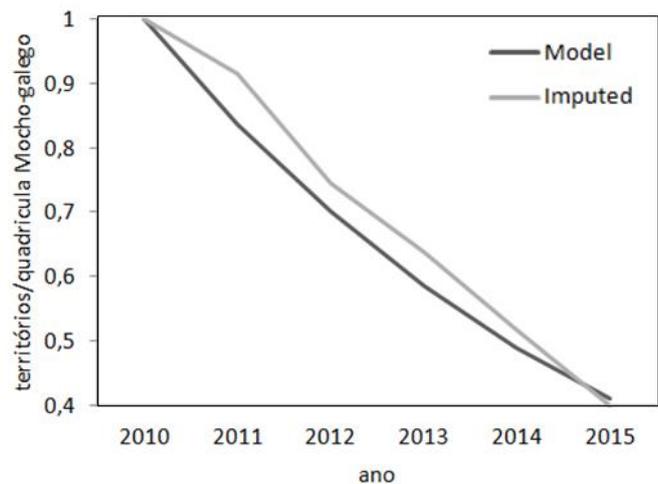


Figura 20 - Variação anual do número de territórios de Mocho-galego por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.5. Coruja-do-mato *Strix aluco*

A partir da análise gráfica simples a variação da abundância relativa bem como a tendência eram positivas (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 11, Fig. 21). O mesmo constatou-se para o GLM e GLMM, onde se pôde observar, a partir do gráfico do GLM (Fig. 22) uma reta de regressão com declive positivo que corresponde à tendência positiva obtida. Para além disso pôde-se observar que a tendência obtida não foi considerada significativa no GLM ($p = 0,31$), no entanto para o GLMM foi considerada significativa ($p < 0,001$) (Tabela 11).

A partir do GAM retirou-se as mesmas conclusões ao comparar o gráfico do GAM (Fig. 23) com o gráfico da análise gráfica simples (Fig. 21), onde se constatou que estes eram semelhantes e que apresentavam um aumento do número/frequência de territórios de Coruja-do-mato detetados por quadrícula do ano 2013 para 2014 seguido de um decréscimo. Mostrando por fim uma diferença entre o último e primeiro ano de estudo positiva. Os dados não apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,46$) (Tabela 11).

O mesmo se verificou para o TRIM onde a tendência era claramente positiva, no entanto o intervalo de confiança da tendência em relação ao erro padrão cruzou o zero, levando a uma baixa precisão da mesma. As diferenças observadas entre os diferentes anos não foram significativas ($p = 0,62$) (Tabela 12, Fig. 24).

Sendo assim todas as metodologias apontaram uma tendência positiva na Coruja-do-mato, apesar de para o TRIM essa tendência não ser precisa.

Tabela 11 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Coruja-do-mato.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	1,90		Positiva		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,034	0,033	Positiva	1,025	0,31
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,022	0,00005	Positiva	376	< 0,001
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	2,62	2,62	0,56	0,46

Tabela 12 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Coruja-do-mato.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	306	162	53%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	0,24	1	0,62	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,021	0,042	1,021	0,043
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,021	0,043	1,021	0,043

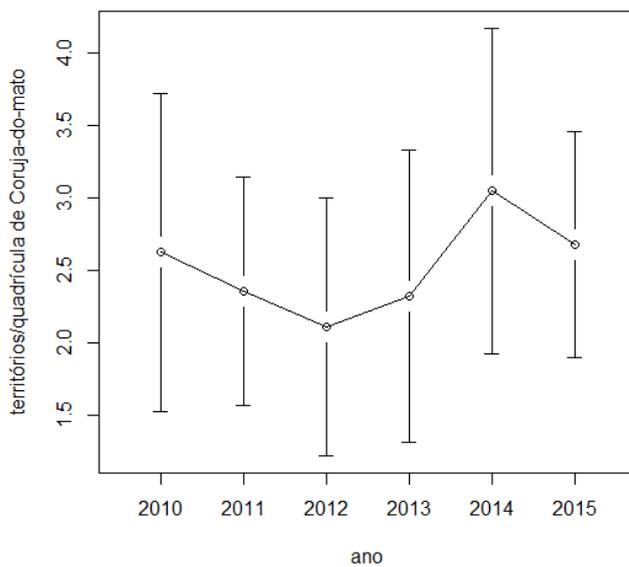


Figura 21 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.

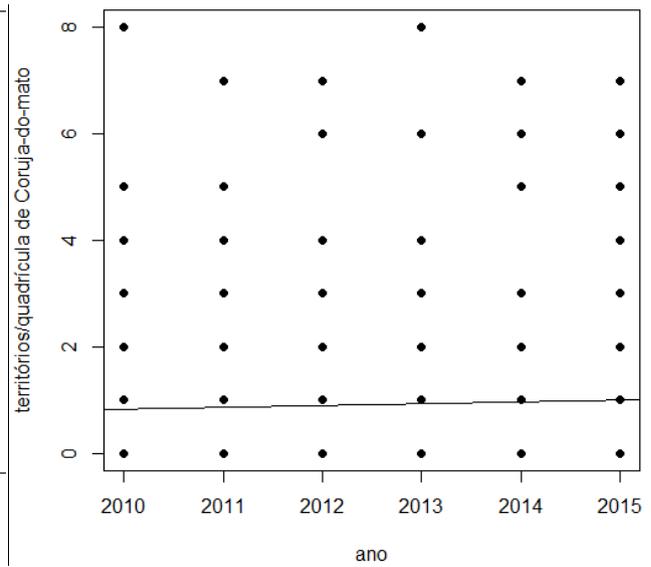


Figura 22 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula a partir do GLM - Poisson.

LOESS (span=0.6)

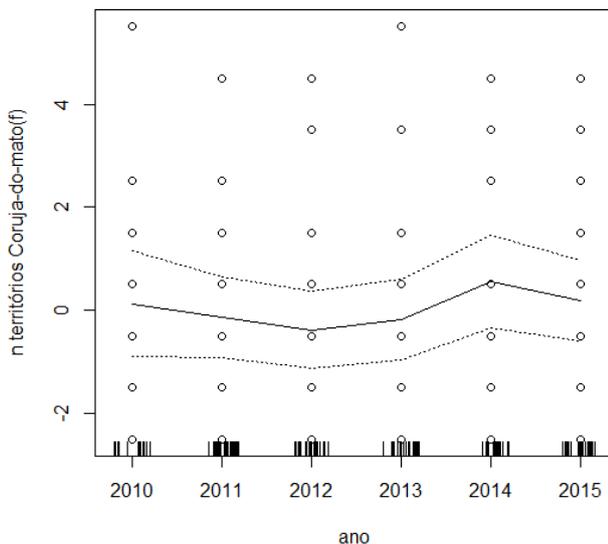


Figura 23 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

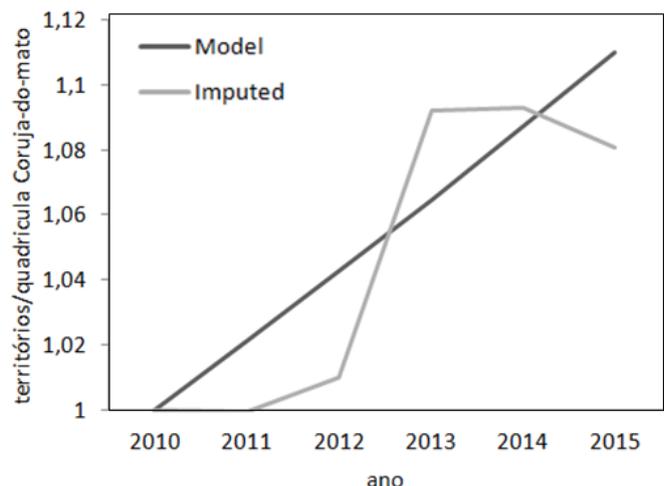


Figura 24 - Variação anual do número de territórios de Coruja-do-mato por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.6. Bufo-pequeno *Asio otus*

A partir da análise simples constatou-se que a variação da abundância relativa e correspondente tendência eram positivas (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 13, Fig. 25). O mesmo não foi observado para o GLM e GLMM onde a tendência observada era negativa, apesar de não ser possível de observar uma reta de regressão no gráfico do GLM (Fig. 26) devido ao excesso de zeros presentes nos resultados. No entanto o intervalo de confiança da tendência do GLM e do GLMM em relação ao erro padrão cruzou o zero.

Para além disso pôde-se observar que a tendência obtida não foi considerada significativa no GLM ($p = 0,99$) nem no GLMM ($p = 0,47$) (Tabela 13).

Segundo o gráfico obtido a partir do GAM (Fig. 27) pôde-se observar que este era semelhante ao gráfico da análise gráfica simples (Fig. 25) mostrando igualmente uma tendência positiva. Os dados não apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,99$) (Tabela 13).

Os resultados obtidos a partir do TRIM mostraram uma tendência negativa e as diferenças observadas entre os diferentes anos para esta espécie foram significativas ($p = 0,039$) (Tabela 14, Fig. 28).

Sendo assim todas as metodologias, à exceção da análise gráfica simples e GAM, apontaram para uma tendência negativa no Bufo-pequeno, apesar de para o GLM e GLMM essa tendência não ser precisa.

Tabela 13 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Bufo-pequeno.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	115		Positiva		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,001	0,13	Negativa	-0,011	0,99
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	-0,103	0,144	Negativa	-0,719	0,47
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	0,00	0,00	0,0001	0,99

Tabela 14 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Bufo-pequeno.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	78	37	47%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	4,27	1	0,039	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	-0,406	0,197	0,666	0,131
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	-0,412	0,197	0,662	0,131

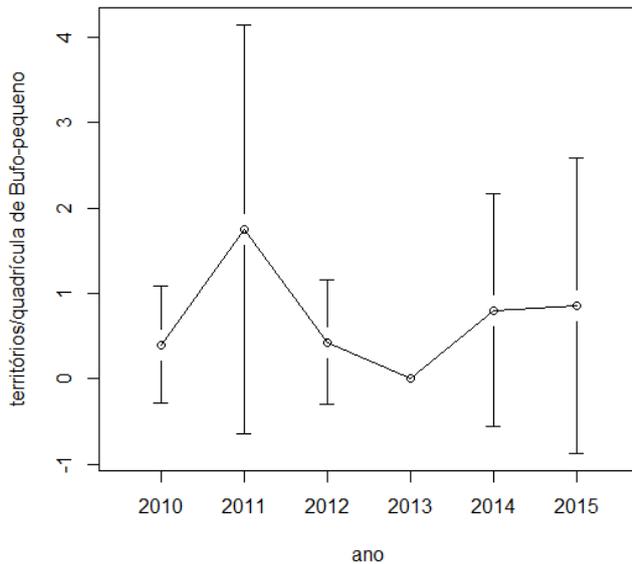


Figura 25 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.

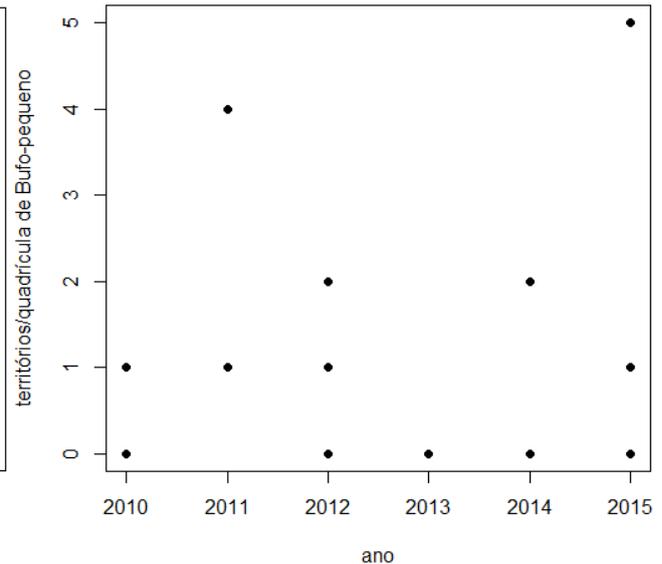


Figura 26 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula a partir do GLM - Poisson.

LOESS (span=0.6)

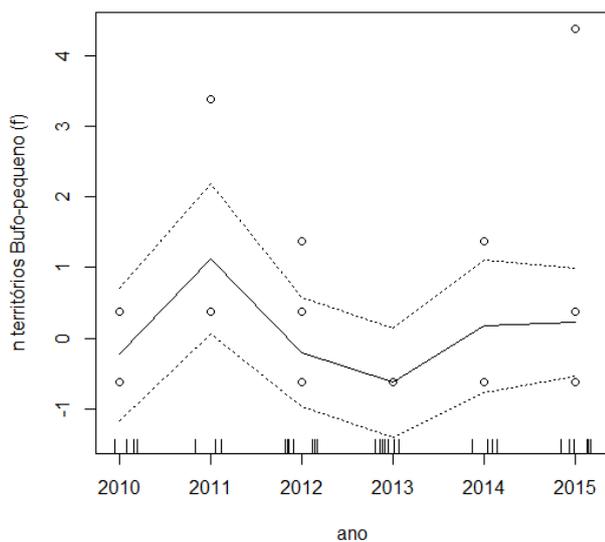


Figura 27 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

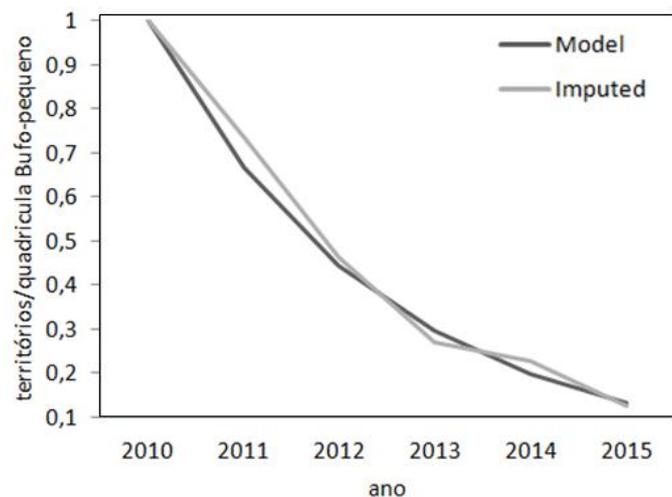


Figura 28 - Variação anual do número de territórios de Bufo-pequeno por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.7. Noitibó-cinzento *Caprimulgus europaeus*

A partir da análise gráfica simples observou-se que a variação da abundância relativa e correspondente tendência eram positivas (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 15, Fig. 29). O mesmo se obteve a partir do GLM e GLMM, onde se pôde observar, a partir do gráfico do GLM (Fig. 30) uma reta de regressão com um declive positivo que corresponde à tendência positiva obtida. Para além disso pôde-se observar que a tendência inferida nos seis anos foi considerada significativa tanto no GLM ($p = 0,002$) como no GLMM ($p < 0,001$) (Tabela 15).

Segundo os resultados obtidos a partir do GAM pôde-se tirar a mesma conclusão ao comparar o gráfico obtido a partir deste (Fig. 31) com o gráfico da análise gráfica simples (Fig. 29), onde se constatou que estes eram semelhantes e que apresentavam uma diminuição do número/frequência de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula do ano 2011 para 2012, seguido de um aumento. Levando a que no fim a diferença entre o último e o primeiro no ano de estudo fosse positiva. Os dados apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,03$) (Tabela 15).

Os resultados obtidos a partir do TRIM mostraram igualmente uma tendência positiva, porém as diferenças observadas entre os diferentes anos não foram significativas ($p = 0,21$) (Tabela 16, Fig. 32).

Sendo assim todas as metodologias foram concordantes ao apontar uma tendência positiva.

Tabela 15 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Noitibó-cinzento.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	100		Positiva		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,257	0,085	Positiva	3,024	0,002
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,204	0,005	Positiva	40,74	< 0,001
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	12,19	12,19	4,85	0,03

Tabela 16 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Noitibó-cinzento.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	114	64	56%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	1,56	1	0,21	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,168	0,134	1,182	0,158
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,166	0,132	1,180	0,155

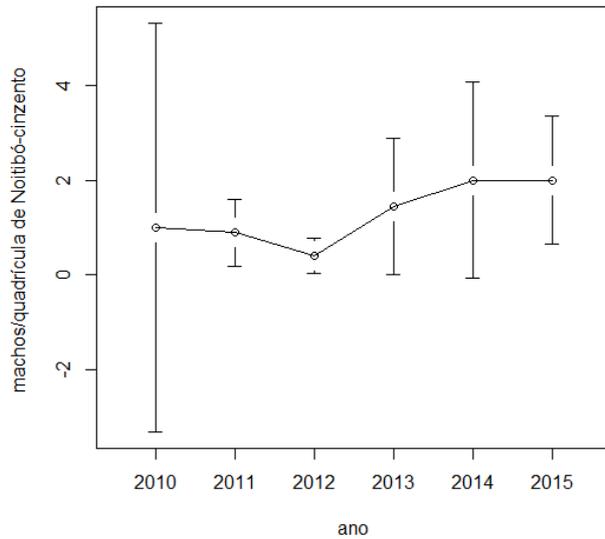


Figura 29 – Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples.

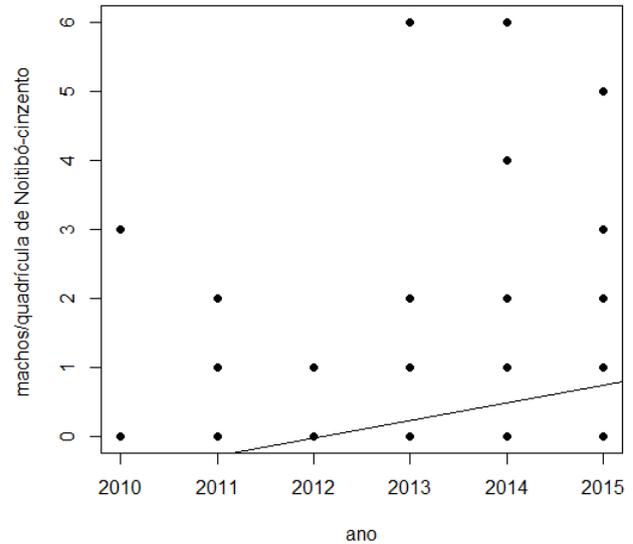


Figura 30 - Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula a partir do GLM - Poisson.

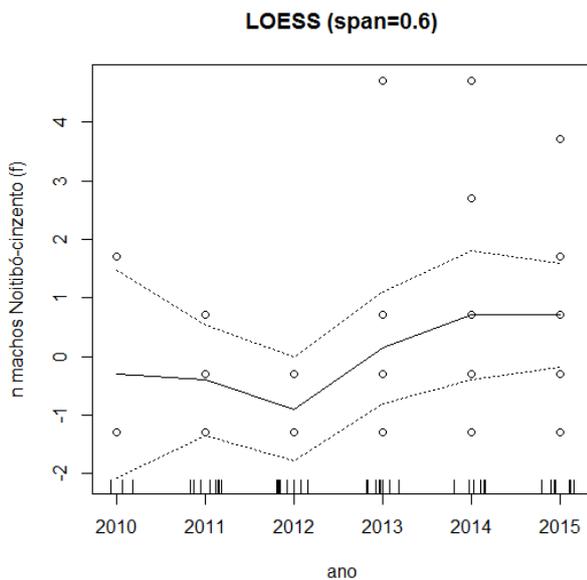


Figura 31 - Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

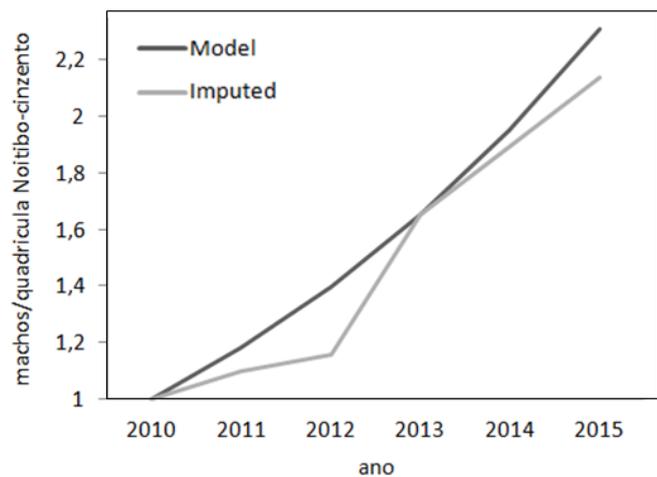


Figura 32 - Variação anual do número de machos de Noitibó-cinzento por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.8. Noitibó-de-nuca-vermelha *Caprimulgus ruficollis*

A partir da análise gráfica simples observou-se que a variação da abundância relativa e correspondente tendência eram negativas (embora seja de nota que os intervalos de confiança eram amplos, conferindo alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência) (Tabela 17, Fig. 33). No entanto a partir do GLM e GLMM observou-se uma tendência positiva que pôde ser constatada a partir do gráfico do GLM (Fig. 34) que apresentava uma reta de regressão com um declive positivo, correspondendo isso a uma tendência positiva. No entanto o intervalo de confiança da tendência do GLM em relação ao erro padrão cruzou o zero relativamente ao erro padrão. Para além disso pôde-se observar que a tendência obtida não foi considerada significativa no GLM ($p = 0,42$), no entanto para o GLMM foi considerada significativa ($p < 0,001$) (Tabela 17).

Segundo os resultados obtidos a partir do GAM pôde-se tirar a mesma conclusão ao comparar o gráfico obtido a partir deste (Fig. 35) com o gráfico da análise gráfica simples (Fig. 33) onde se constatou que estes eram semelhantes e que apresentavam uma diminuição do número/frequência de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula do ano 2010 para 2011, seguido de um aumento. Levando a que no fim a diferença entre o último e o primeiro no ano de estudo fosse negativa. Os dados não apresentaram um bom ajuste à distribuição não-linear ($p = 0,51$) (Tabela 17).

Os resultados obtidos a partir do TRIM mostraram uma tendência positiva, no entanto o intervalo de confiança da tendência em relação ao erro padrão cruzou o zero, mostrando uma baixa precisão da mesma. As diferenças observadas entre os diferentes anos não foram significativas ($p = 0,49$) (Tabela 18, Fig. 36).

Sendo assim, todas as metodologias à exceção da abundância relativa e GAM mostraram uma tendência positiva, apesar de para o GLM e TRIM essa tendência não ser precisa.

Tabela 17 - Resultados obtidos a partir das 4 metodologias analisadas (análise gráfica simples, GLM, GLMM e GAM) para Noitibó-de-nuca-vermelha.

Análise gráfica simples	Variação da abundância relativa (%)		Tendência (qualitativo)		
	-18,05		Negativa		
GLM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,081	0,101	Positiva	0,801	0,42
GLMM	Tendência (declive)	Erro padrão	Tendência (qualitativo)	z	p
	0,044	0,009	Positiva	4,933	< 0,001
GAM	df	Soma Sq	Média Sq	F	p
	1	0,70	0,70	0,44	0,51

Tabela 18 - Resultados obtidos a partir do TRIM para Noitibó-de-nuca-vermelha.

Contagens	Nº total de contagens	Nº de contagens em falta	Nº de contagens em falta (%)	
	96	53	55%	
Teste Wald para a significância do parâmetro do declive	Teste Wald	df	p	
	0,49	1	0,49	
Modelo do declive global	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,098	0,141	1,103	0,155
Declive global atribuído (recomendado)	Aditivo	Erro padrão	Multiplicativo	Erro padrão
	0,105	0,152	1,111	0,169

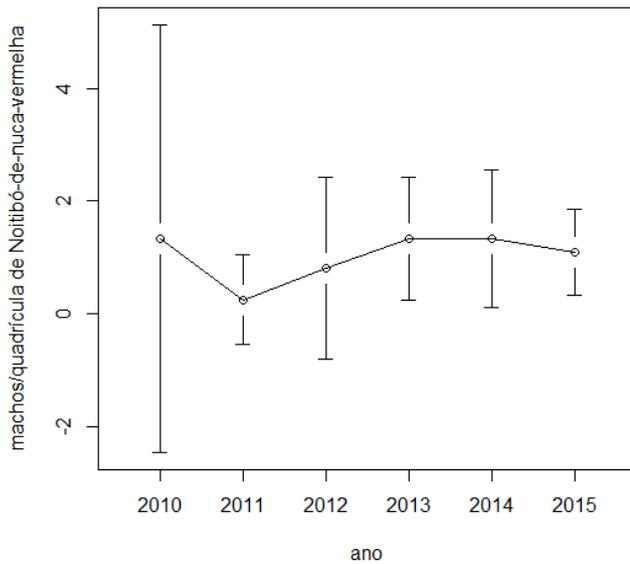


Figura 33 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula onde a presença foi detetada a partir da análise gráfica simples

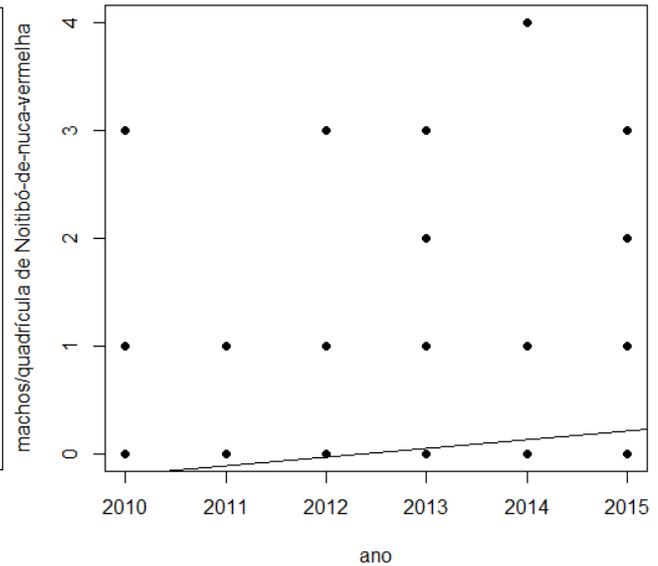


Figura 34 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula a partir do GLM - Poisson.

LOESS (span=0.6)

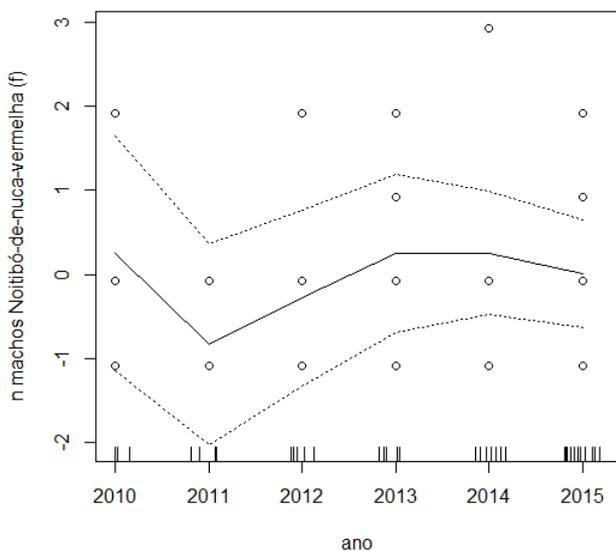


Figura 35 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula com intervalos de confiança a 95% a partir do GAM - LOESS (span=0,6).

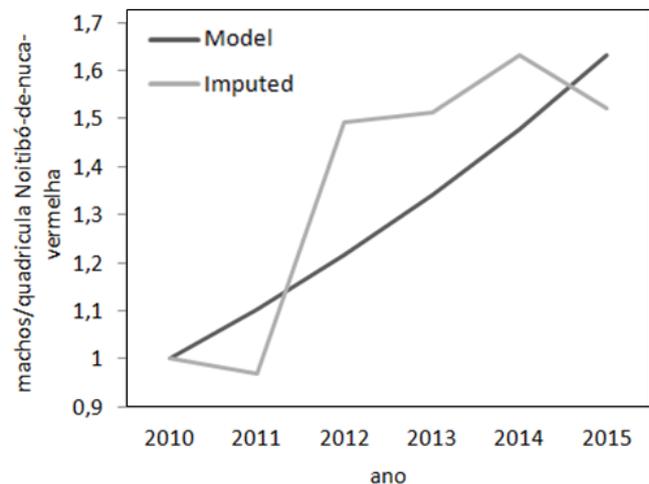


Figura 36 - Variação anual do número de machos de Noitibó-de-nuca-vermelha por quadrícula a partir do TRIM.

4.2.1.9. Análise geral

Resumindo, todas as metodologias mostraram uma coerência na estimativa de tendência para cada uma das espécies exceto para Bufo-pequeno e Noitibó-de-nuca-vermelha, em que a análise gráfica simples e GAM apresentaram uma tendência diferente das restantes metodologia. O GLMM foi a metodologia que apresentou mais vezes um intervalo de confiança que não tenha cruzado o zero (não tenha mudado de sinal) e com uma tendência com um declive significativo (Tabela 19).

Tabela 19 - Estimativa da tendência e correspondente erro padrão (variação da abundância relativa para a análise gráfica simples) e valor de p segundo cada uma das metodologias para as espécies em estudo. A negrito está identificado o menor erro padrão para a espécie e a sublinhado os intervalos de confiança que não cruzaram o zero e valor de $p < 0,05$.

	Análise gráfica simples	GLM	GLMM	GAM	TRIM
Coruja-das-torres					
Tendência ± erro padrão	-5,85	-0,040 ± 0,052	<u>-0,027 ± 0,005</u>	Negativa	0,019 ± 0,067
p	-	0,44	<u>< 0,001</u>	0,55	0,78
Mocho-d'orelhas					
Tendência ± erro padrão	-37,06	<u>-0,092 ± 0,074</u>	<u>0,203 ± 0,092</u>	Negativa	<u>-0,330 ± 0,113</u>
p	-	0,21	<u>0,026</u>	0,40	<u>0,004</u>
Bufo-real					
Tendência ± erro padrão	50	0,090 ± 0,124	0,020 ± 0,092	Positiva	0,150 ± 0,222
p	-	0,46	<u>0,026</u>	0,47	0,50
Mocho-galego					
Tendência ± erro padrão	-52,34	<u>-0,104 ± 0,028</u>	<u>-0,129 ± 0,0005</u>	Negativa	<u>-0,184 ± 0,039</u>
p	-	<u>< 0,001</u>	<u>< 0,001</u>	<u>0,04</u>	<u>< 0,001</u>
Coruja-do-mato					
Tendência ± erro padrão	1,90	<u>0,034 ± 0,033</u>	<u>0,022 ± 0,00005</u>	Positiva	0,209 ± 0,043
p	-	0,31	<u>< 0,001</u>	0,46	0,62
Bufo-pequeno					
Tendência ± erro padrão	115	-0,001 ± 0,13	-0,103 ± 0,144	Positiva	<u>-0,412 ± 0,197</u>
p	-	0,99	0,47	0,99	<u>0,039</u>
Noitibó-cinzento					
Tendência ± erro padrão	100	<u>0,257 ± 0,085</u>	<u>0,204 ± 0,005</u>	Positiva	<u>0,166 ± 0,136</u>
p	-	<u>0,003</u>	<u>< 0,001</u>	0,03	0,211
Noitibó-de-nuca-vermelha					
Tendência ± erro padrão	-18,05	0,081 ± 0,101	<u>0,044 ± 0,009</u>	Negativa	0,105 ± 0,152
p	-	0,423	<u>< 0,001</u>	0,51	0,49

4.2.2. Análise crítica à metodologia de censo

4.2.2.1. Análise do número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos)

Com esta análise verificou-se que durante os 10 minutos de duração de cada ponto de escuta não houve estabilização do número de indivíduos detetados. No entanto estes foram diminuindo ao longo do tempo, podendo-se observar que se atingiu 50% do número de indivíduos detetados logo após os primeiros minutos de escuta (entre minuto três e quatro) e 90% entre o minuto oito e nove (Fig. 37).

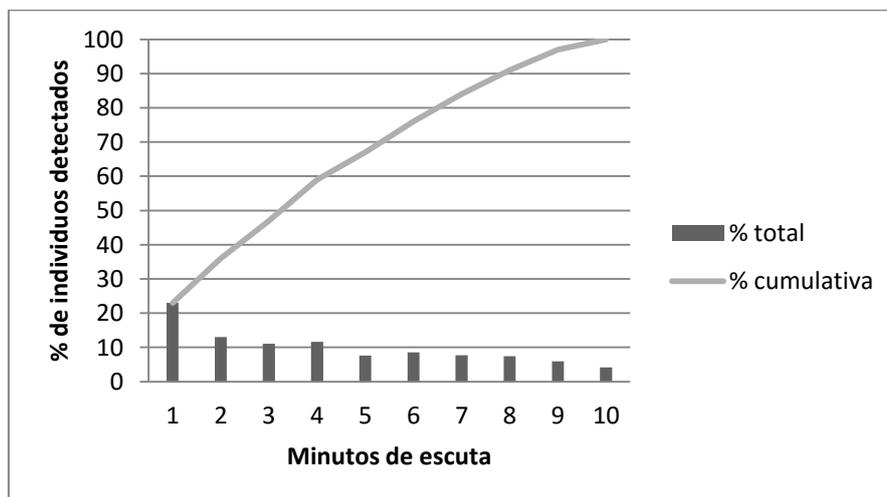


Figura 37 - Proporção do número de indivíduos detetados ao longo de um ponto de escuta de 10 minutos.

4.2.2.2. Comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos

Para avaliar a eficiência dos pontos de escuta do Programa NOCTUA-Portugal, comparou-se a metodologia aqui aplicada e os resultados obtidos com outros estudos da mesma natureza, mas com variações metodológicas, sobre as mesmas espécies aqui analisadas.

4.2.2.2.1. Comparação por pontos de escuta

No estudo de Zuberogoitia & Campos (1997) foi realizado um censo para diversas aves noturnas existentes na Biscaia (norte de Espanha) durante quatro anos (1992-1996). O método utilizado foi o *playback*, tendo estes autores realizado 2056 pontos de escuta onde durante cinco minutos se colocava a vocalização de cada uma das espécies por uma ordem definida (as vocalizações eram emitidas de acordo com o tamanho da ave noturna, da mais pequena para a maior de modo a evitar a indução de predação e/ou comportamento competitivo entre as espécies). Após esses cinco minutos, durante 10 minutos esperava-se em silêncio a resposta por parte das aves.

Dos 2056 pontos de escuta a Coruja-do-mato foi detetada em 1704 pontos de escuta (82,9%), a Coruja-das-torres em 407 pontos de escuta (19,8%), o Mocho-galego em 272 pontos de escuta (13,2%), o Mocho-d'orelhas em 26 pontos de escuta (1,3%), o Bufo-pequeno em seis pontos de escuta (0,3%) e o Bufo-real em três pontos de escuta (0,1%) (Zuberogoitia & Campos, 1997).

Dos 360 pontos de escuta do Programa NOCTUA-Portugal detetou-se Coruja-do-mato em 140 pontos de escuta (38,9%), Coruja-das-torres em 67 pontos de escuta (18,6%), Mocho-galego em 150 pontos

de escuta (41.7%), Mocho-d'orelhas em 35 pontos de escuta (9.7%), Bufo-pequeno em 17 pontos de escuta (4.7%) e Bufo-real em 18 pontos de escuta (5%).

Observou-se que para todas as espécies à exceção da Coruja-do-mato e Coruja-das-torres a probabilidade de deteção por parte do estudo do Programa NOCTUA-Portugal foi superior que segundo o estudo de Zuberogoitia & Campos (1997)(Tabela 20).

Tabela 20 - Comparação dos estudos da NOCTUA-Portugal e Zuberogoitia & Campos (1997) em relação ao número de pontos de escuta em que cada espécie foi detetada em relação ao número total de pontos de escuta.

	NOCTUA-Portugal	Zuberogoitia & Campos (1997)
Mocho-galego	1º (41.7%)	3º (13.2%)
Coruja-do-mato	2º (38.9%)	1º (82.9%)
Coruja-das-torres	3º (18.6%)	2º (19.8%)
Mocho-d'orelhas	4º (9.7%)	4º (1.3%)
Bufo-real	5º (5%)	6º (0.1%)
Bufo-pequeno	6º (4.7%)	5º (0.3%)

No estudo de Vrezec & Saveljic (2006) foi realizado um levantamento de territórios de Coruja-do-mato no início de Maio de 2003 em duas localidades pertencentes às montanhas Bjelasica (cordilheira no norte centro de Montenegro), uma em Biogradska Gora National Park e outra na proximidade da cidade de Kolašin em torno de Mt. Strmac. Foi realizado no início de Maio, que corresponde a uma altura em que a atividade vocal territorial desta espécie é elevada, levando a uma conseqüente elevada taxa de deteção. Utilizaram-se 21 pontos de escuta utilizando o método de *playback*. Foram transmitidas gravações da vocalização do macho territorial de Coruja-do-mato. Em cada ponto primeiro foi registado as vocalizações espontâneas de Coruja-do-mato e depois transmitido o *playback* durante 10 minutos, seguido de um período de escuta de cinco minutos. Cada ponto foi visitado apenas uma vez ao longo de duas noites.

Dos 21 pontos de escuta foram registados 14 territórios de Coruja-do-mato, quatro em Biogradska Gora National Park e seis em Kolašin, perfazendo uma percentagem de 66.7%. Dos 360 pontos de escuta do Programa NOCTUA-Portugal detetou-se Coruja-do-mato em 140 pontos de escuta (38.9%).

Ao comparar os dois estudos, observou-se uma maior probabilidade de deteção para o estudo de Vrezec & Saveljic (2006).

No estudo de SEO/BirdLife (2013), denominado por Programa NOCTUA-Espanha, foi realizado um censo para aves noturnas com base em colaboradores voluntários de modo a integrar todo o território espanhol entre 2006 e 2013. A metodologia utilizada foi a mesma que a do Programa NOCTUA-Portugal, onde foram realizadas 513 quadrículas (cada uma com cinco pontos de escuta realizados pela mesma pessoa) onde se permaneceu 10 minutos em silêncio em cada ponto de escuta de modo a detetar os diferentes indivíduos de aves noturnas que podem ser vistos ou ouvidos, não se fazendo uso do *playback* (Escandell 2005).

Das 513 quadrículas, Mocho-d'orelhas estava presente em 412 quadrículas (80.3%), Mocho-galego em 387 quadrículas (75.4%), Noitibó-cinzento em 303 quadrículas (59.1%), Noitibó-de-nuca-vermelha em 259 quadrículas (50.5%), Coruja-do-mato em 244 quadrículas (47.6%), Bufo-real em 220 quadrículas (42.9%), Coruja-das-torres em 190 quadrículas (37%) e Bufo-pequeno em 169 quadrículas (32.9%) (SEO/BirdLife 2013).

Das 72 quadrículas do Programa NOCTUA-Portugal detetou-se Mocho-d'orelhas em 18 quadrículas (25%), Mocho-galego em 57 quadrículas (79.2%), Noitibó-cinzento em 19 quadrículas (26.4%), Noitibó-de-nuca-vermelha em 15 quadrículas (20.8%), Coruja-do-mato em 50 quadrículas (69.4%), Bufo-real em 14 quadrículas (19.4%), Coruja-das-torres em 33 quadrículas (45.8%) e Bufo-pequeno em 12 quadrículas (16.7%).

Ouve um maior número de quadrículas proporcionalmente onde se detetou Mocho-galego, Coruja-do-mato e Coruja-das-torres para o Programa NOCTUA-Portugal, mas para as restantes espécies o valor foi superior para o Programa-NOCTUA-Espanha (Tabela 21).

Tabela 21 - Comparação dos estudos da NOCTUA-Portugal e SEO/BirdLife (2013) em relação ao número de quadrículas em que cada espécie foi detetada em relação ao número total de quadrículas.

	NOCTUA-Portugal	NOCTUA-Espanha
Mocho-galego	1º (79.2%)	2º (75.4%)
Coruja-do-mato	2º (69.4%)	5º (47.6%)
Coruja-das-torres	3º (45.8%)	7º (37%)
Noitibó-cinzento	4º (26.4%)	3º (59.1%)
Mocho-d'orelhas	5º (25%)	1º (80.3%)
Bufo-real	6º (19.4%)	6º (42.9%)
Noitibó-de-nuca-vermelha	7º (20.8%)	4º (50.5%)
Bufo-pequeno	8º (16.7%)	8º (32.9%)

4.2.2.2. Comparação por período de escuta

No estudo de Martínez *et al.*, (2002), a metodologia utilizada foi baseada em duas fases: I) escuta de vocalizações espontâneas (SC): dois minutos após o anoitecer foi registado o número de corujas detetada (observadas ou ouvidas) durante um período de 10 minutos; II) *Playback* (PB): imediatamente após a SC foi simulada uma intrusão territorial transmitida a partir de chamadas territoriais de machos de Bufo-pequeno utilizando leitores de cassetes durante 10 minutos. Foram registados os mesmo dados que em SC. Sendo que no total detetaram um número superior de indivíduos de Bufo-pequeno com o uso do *playback* (32 indivíduos) em relação ao uso das chamadas espontâneas (21 indivíduos), porém apenas marginalmente significativo ($p = 0,049$).

No estudo de Martínez *et al.*, (2002) detetou-se 80% do número de indivíduos de Bufo-pequeno entre o minuto quatro e o minuto cinco (Fig. 38), bem como a partir do estudo do Programa NOCTUA-Portugal (Fig. 39). Porém observou-se uma estabilização da curva acumulada, a partir do minuto seis, mais pronunciada para o estudo de Martínez *et al.*, (2002) (Fig. 38) do que para o estudo do Programa NOCTUA-Portugal que só se observou a partir do minuto nove (Fig. 39).

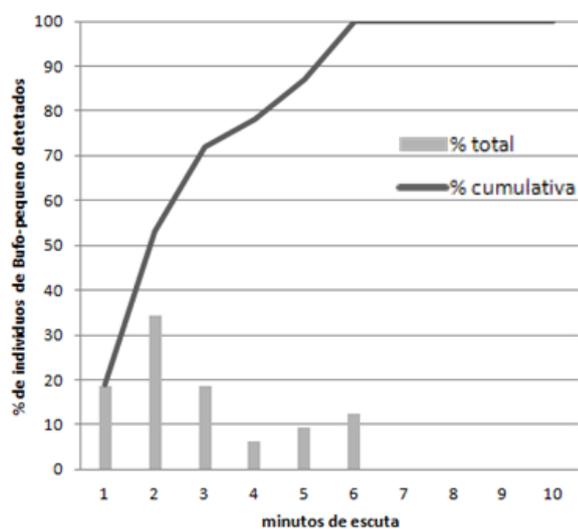


Figura 38 - Proporção do número de indivíduos de Bufo-pequeno detetados ao longo de um ponto de escuta de *playback* de 10 minutos num outro caso de estudo (Martínez *et al.*, 2002).

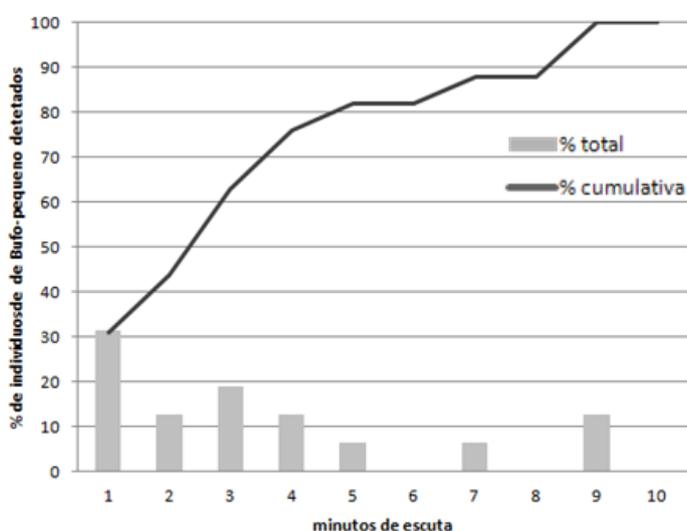


Figura 39 - Proporção do número de indivíduos de Bufo-pequeno detetados ao longo de um ponto de escuta de 10 minutos do Programa NOCTUA - Portugal.

No estudo de Redpath (1994), a metodologia utilizada foi baseada em imitações, por parte do observador, do chamamento territorial do macho de Coruja-do-mato. Quatro chamadas de imitação, com duração de aproximadamente um minuto, foram dadas em intervalos de cinco minutos, durante um período de 30 minutos, medindo-se assim o tempo necessário para as corujas territoriais responderem. Todas as chamadas de imitação foram realizadas a partir da mesma posição em cada território e paradas assim que a ave noturna tenha respondido. Os censos foram geralmente conduzidos desde o anoitecer até à meia-noite, embora alguns territórios tenham sido amostrados até ao amanhecer.

Observou-se no estudo de Redpath (1994) uma estabilização da curva acumulada entre os minutos 25 e 30 (Fig. 40), no entanto segundo o estudo do Programa NOCTUA-Portugal, em que o período do ponto de escuta foi muito inferior, já não se observou uma estabilização da curva acumulada (Fig. 41).

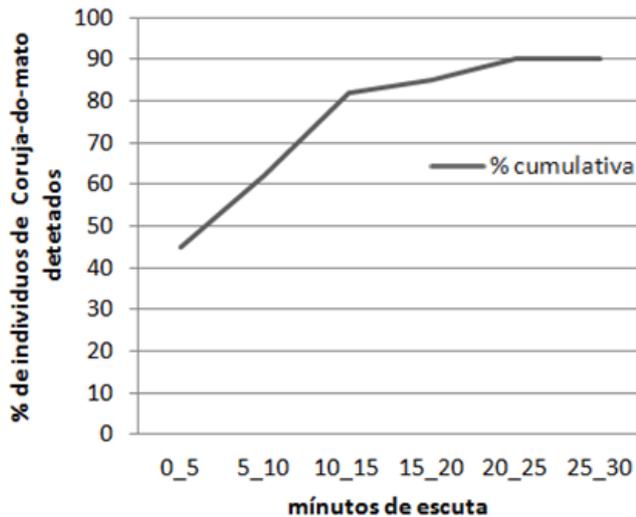


Figura 40 - Proporção do número de indivíduos de Coruja-do-mato detetados ao longo de um ponto de escuta de playback de 10 minutos num outro caso de estudo (Redpath, 1994).

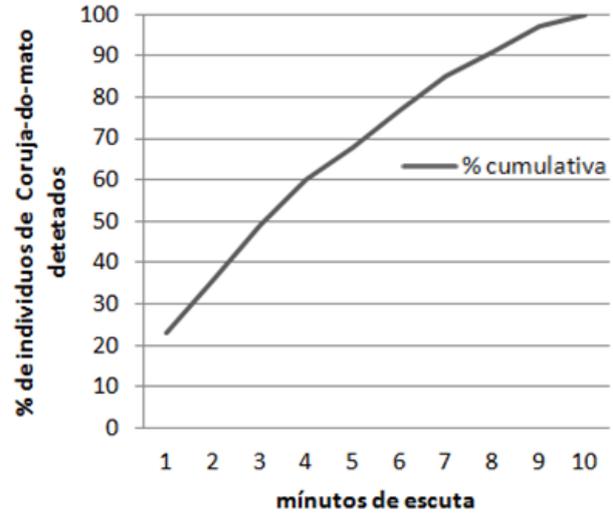


Figura 41 - Proporção do número de indivíduos de Coruja-do-mato detetados ao longo de um ponto de escuta de 10 minutos do programa NOCTUA - Portugal.

4.2.2.3. Efeito da época do ano

Com esta análise constatamos que só se observou um efeito significativo da época do ano na presença de Mocho-galego e Coruja-do-mato (Tabela 22). Sendo que a probabilidade de deteção de cada uma destas espécies apresentou uma tendência negativa, ou seja, decresceu ao longo do ano (máxima na visita 1 e mínima na visita 3).

Para o Mocho-galego observou-se um decréscimo não significativo em relação ao número de presenças da visita 1 (realizada em dezembro/janeiro) para a visita 2 (realizada em março/abril), porém da visita 1 para a visita 3 (realizada em maio/junho) já se observou um decréscimo muito mais acentuado e significativo (Fig. 42). Já em relação à Coruja-do-mato observou-se tanto um decréscimo do número de presenças da visita 1 para a visita 2 como da visita 1 para a visita 3, sendo esse decréscimo significativo (Fig. 43).

No entanto apesar do número de indivíduos obtidos em cada visita não ter variado significativamente entre visitas, o número cumulativo de espécies obtido ao longo das visitas, como esperado, aumentou conforme se foram somando visitas.

Tabela 22 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	-0,259	0,059	-4,393	<0,001
Visita 1 : visita 2	0,095	0,084	1,133	0,26
Visita 1 : visita 3	-0,031	0,091	-0,340	0,73

Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0,655	0,052	-12,648	<0,001
Visita 1 : visita 2	0,078	0,073	1,058	0,29
Visita 1 : visita 3	0,044	0,078	0,564	0,57
Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-2,657	0,151	-17,620	0,001
Visita 1 : visita 2	0,148	0,210	0,705	0,48
Visita 1 : visita 3	-0,203	0,243	-0,833	0,41
Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-1,348	0,092	-14,616	0,001
Visita 1 : visita 2	-0,018	0,133	-0,134	0,89
Visita 1 : visita 3	-0,392	0,152	-2,574	0,010
Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-1,383	0,093	-14,837	0,001
Visita 1 : visita 2	-0,327	0,142	-2,311	0,021
Visita 1 : visita 3	-0,529	0,159	-3,327	0,001

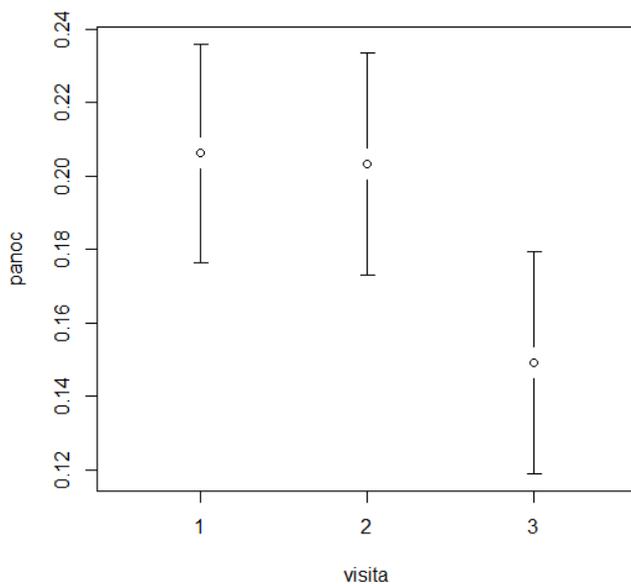


Figura 42 – Probabilidade de deteção de Mocho-galego (panoc) em cada visita (visita).

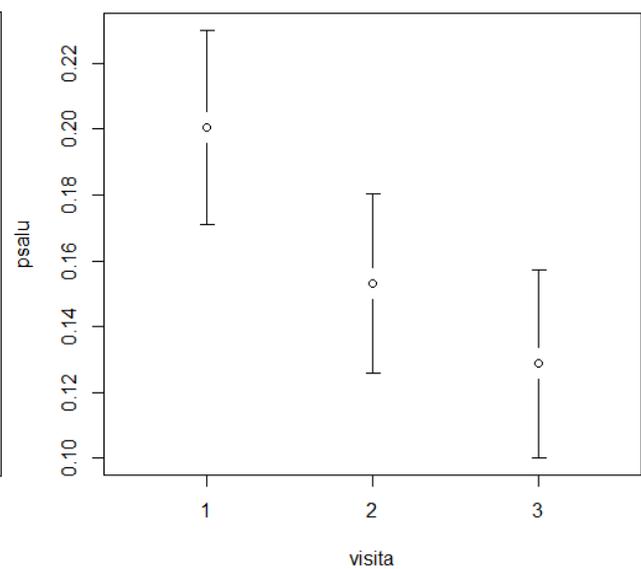


Figura 43 – Probabilidade de deteção de Coruja-do-mato (psalu) em cada visita (visita).

Para as restantes variáveis dependentes (número total de indivíduos, riqueza específica e presença de Coruja-das-torres), não se observou um efeito significativo da época do ano (Tabela 22), porém observou-se um maior número de indivíduos detetados, maior riqueza específica e maior probabilidade de presença de indivíduos de Coruja-das-torres na segunda visita (março/abril).

4.2.2.4. Variação das respostas ao longo da noite

4.2.2.4.1. Variação das respostas por pontos de escuta

Com esta análise constatou-se que só se observou uma variação das respostas ao longo da noite significativa relativamente ao número total de indivíduos, riqueza específica e presença de Mocho-galego (Tabela 23). Estas variáveis dependentes diminuíram ao longo da noite, ou seja, apresentaram valores máximos no ponto 1 e valores mínimos no ponto 5. Sendo que a probabilidade de deteção de Mocho-galego entre o ponto 3, 4 e 5 oscilou ligeiramente.

Em relação ao número total de indivíduos (Fig. 44) e riqueza específica (Fig. 45) observou-se um decréscimo não significativo do ponto de escuta 1 para o ponto de escuta 2, mas para os restantes pontos em relação ao ponto 1 já se observou um decréscimo mais acentuado e significativo. Para o Mocho-galego não se observaram diferenças significativas entre a probabilidade de deteção no ponto de escuta 1 e no ponto de escuta 2, mas para os restantes pontos em relação ao ponto de escuta 1 já se observaram diferenças significativas, existindo um maior número de presenças desta espécie no ponto 1 seguido de um pequeno decréscimo e oscilação entre os pontos de escuta 3, 4 e 5 (Fig. 46).

Tabela 23 – Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	0,070	0,073	0,962	0,34
Ponto 1 : ponto 2	-0,132	0,105	-1,257	0,21
Ponto 1 : ponto 3	-0,339	0,108	-3,148	0,002
Ponto 1 : ponto 4	-0,522	0,111	-4,708	<0,001
Ponto 1 : ponto 5	-0,665	0,114	-5,851	<0,001
Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0,336	0,060	-5,580	<0,001
Ponto 1 : ponto 2	-0,102	0,087	-1,165	0,24
Ponto 1 : ponto 3	-0,372	0,094	-3,947	<0,001
Ponto 1 : ponto 4	-0,499	0,098	-5,084	<0,001
Ponto 1 : ponto 5	-0,532	0,099	-5,369	<0,001

Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-2,711	0,211	-12,860	<0,001
Ponto 1 : ponto 2	0,200	0,286	0,701	0,48
Ponto 1 : ponto 3	0,496	0,271	1,829	0,067
Ponto 1 : ponto 4	-0,566	0,344	-1,645	0,10
Ponto 1 : ponto 5	-0,095	0,304	-0,313	0,75
Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-1,116	0,118	-9,441	<0,001
Ponto 1 : ponto 2	-0,179	0,171	-1,045	0,30
Ponto 1 : ponto 3	-0,519	0,182	-2,857	0,004
Ponto 1 : ponto 4	-0,406	0,178	-2,281	0,023
Ponto 1 : ponto 5	-0,679	0,188	-3,619	<0,001
Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-1,576	0,135	-11,651	<0,001
Ponto 1 : ponto 2	0,167	0,186	0,911	0,36
Ponto 1 : ponto 3	-0,177	0,197	-0,900	0,37
Ponto 1 : ponto 4	-0,195	0,198	-0,986	0,32
Ponto 1 : ponto 5	-0,097	0,194	-0,501	0,62

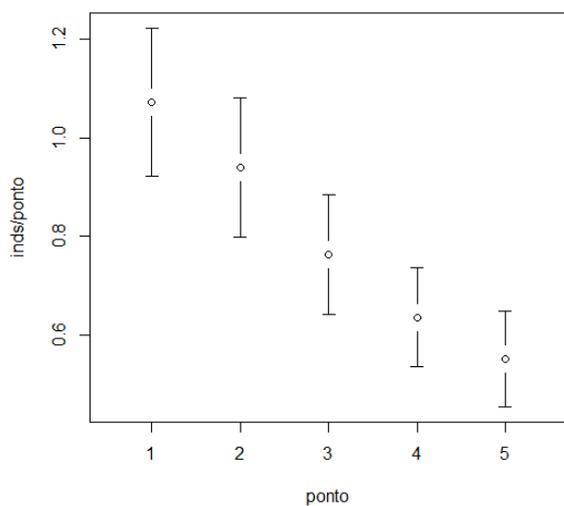


Figura 44 – Variação do número total de indivíduos (inds/ponto) em cada ponto de escuta (ponto).

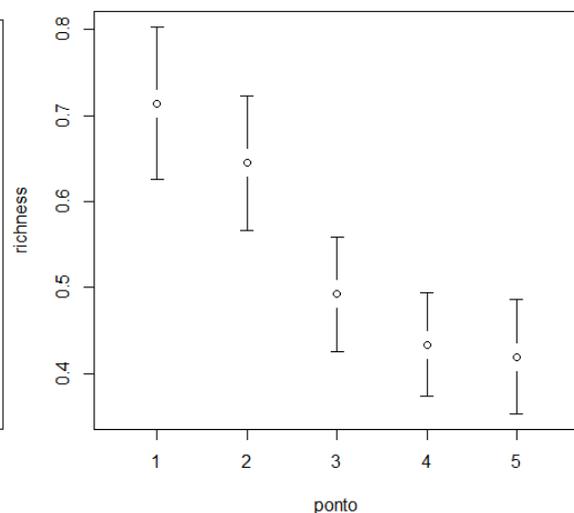


Figura 45 - Variação da riqueza específica (richness – nº espécies detetadas) em cada ponto de escuta (ponto).

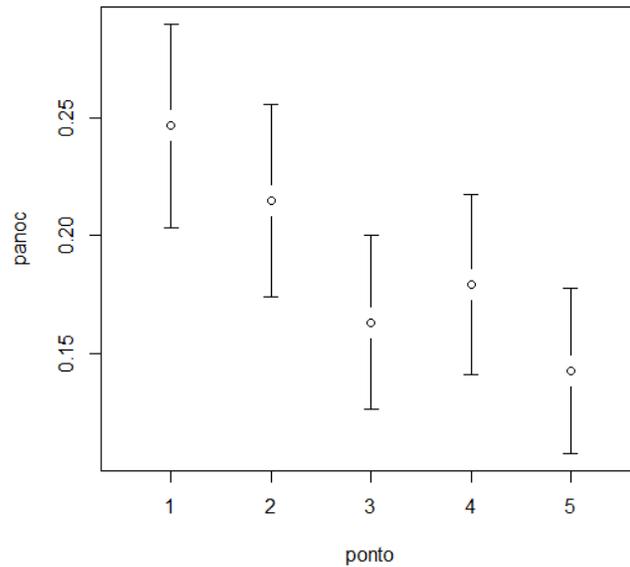


Figura 46 – Probabilidade de deteção de Mocho-galego (panoc) em cada ponto de escuta (ponto).

Para as restantes variáveis dependentes (presença de Coruja-das-torres e a presença de Coruja-do-mato), não se observou uma variação significativa das respostas ao longo da noite (Tabela 23) porém observou-se um número máximo de presenças de Coruja-das-torres no terceiro ponto de escuta e um número máximo de presenças de Coruja-do-mato no segundo ponto de escuta.

4.2.2.4.2. Efeito dos minutos após o ocaso

Nesta análise só se observou um efeito significativo dos minutos após o ocaso no número total de indivíduos, riqueza específica e a presença de Coruja-das-torres (Tabela 24). Sendo que com o passar dos minutos após o ocaso o número total de indivíduos e a riqueza específica tendem a decrescer, sendo contrário ao que acontece com a presença de Coruja-das-torres em que a sua probabilidade de deteção aumenta com o passar dos minutos após o ocaso (Fig. 47).

Os gráficos para o número total de indivíduos e riqueza específica não foram apresentados devido ao excesso de zeros que apresentavam e por essa razão eram pouco ilustrativos.

Tabela 24 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	0,022	0,083	0,267	0,79
Minutos após ocaso	-0,003	0,001	-2,765	0,006
Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0,419	0,076	-5,494	<0,001
Minutos após ocaso	-0,002	0,001	-1,971	0,049

Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-3,541	0,298	-11,892	<0,001
Minutos após ocaso	0,008	0,003	2,395	0,017
Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-1,160	0,144	-8,028	<0,001
Minutos após ocaso	-0,003	0,002	-1,672	0,095
Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-1,647	0,154	-10,663	<0,001
Minutos após ocaso	0,003	0,002	1,372	0,17

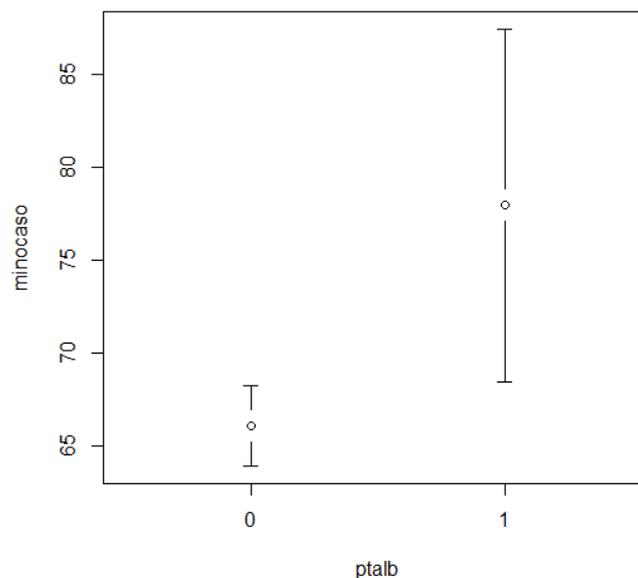


Figura 47 – Probabilidade de deteção de Coruja-das-torres (ptalb) em função dos minutos após o ocaso (minocaso).

Para as restantes variáveis dependentes (presença de Mocho-galego e de Coruja-do-mato), não se observou um efeito significativo da hora de censo (minutos passados após o ocaso) (Tabela 24), porém observou-se uma aparente menor probabilidade de detetar Mocho-galego com o passar dos minutos após o ocaso ao contrário do que aconteceu com a probabilidade de detetar Coruja-do-mato que pareceu aumentar com o passar dos minutos após ocaso.

Sendo assim, observado o efeito de cada uma das duas variáveis relativas à variação das respostas ao longo da noite constatamos que o número total de indivíduos, riqueza específica e presença de Mocho-galego apresentaram uma tendência negativa, ou seja, diminuíram ao longo da noite. Ao passo que a presença de Coruja-das-torres e Coruja-do-mato apresentou uma tendência positiva, ou seja, aumentaram ao longo da noite.

4.2.2.5. Efeito do vento no número de aves noturnas registadas

Nesta análise só se observou um efeito significativo do vento no número total de indivíduos, na riqueza específica e na presença de Coruja-do-mato (Tabela 25). Sendo que estas variáveis dependentes apresentaram uma tendência negativa, ou seja, diminuíram com o aumento da intensidade do vento.

A riqueza específica foi tanto menor quanto maior a intensidade do vento, porém não existiram diferenças significativas entre a intensidade do vento 1 e 2, mas sim para a intensidade de vento 3 (Fig. 48). Já tendo em conta o número total de indivíduos (Fig. 49) e a probabilidade de detetar Coruja-do-mato, estes decresceram significativamente com o aumento da intensidade do vento para todas as escalas de intensidade.

O gráfico para a presença de Coruja-do-mato não foi apresentada devido ao excesso de zeros que apresentava e por essa razão era pouco ilustrativo.

Tabela 25 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	-0,174	0,039	-4,443	<0,001
Vento 1 : vento 2	-0,275	0,099	-2,764	0,006
Vento 1 : vento 3	-1,102	0,335	-3,288	0,001
Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0,576	0,034	-16,983	<0,001
Vento 1 : vento 2	-0,170	0,087	-1,957	0,050
Vento 1 : vento 3	-0,787	0,303	-2,595	0,009
Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-2,682	0,104	-25,818	<0,001
Vento 1 : vento 2	0,184	0,233	0,791	0,43
Vento 1 : vento 3	-0,338	0,732	-0,462	0,64
Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-1,420	0,064	-22,105	<0,001
Vento 1 : vento 2	-0,122	0,158	-0,770	0,44
Vento 1 : vento 3	-0,857	0,529	-1,621	0,11

Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-1,513	0,066	-22,881	<0,001
Vento 1 : vento 2	-0,681	0,195	-3,489	<0,001
Vento 1 : vento 3	-1,507	0,727	-2,073	0,038

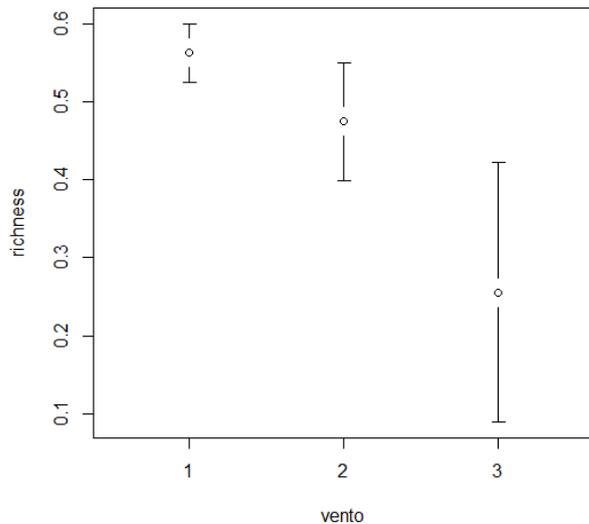


Figura 48 - Variação da riqueza específica (richness) com o aumento da intensidade do vento (vento).

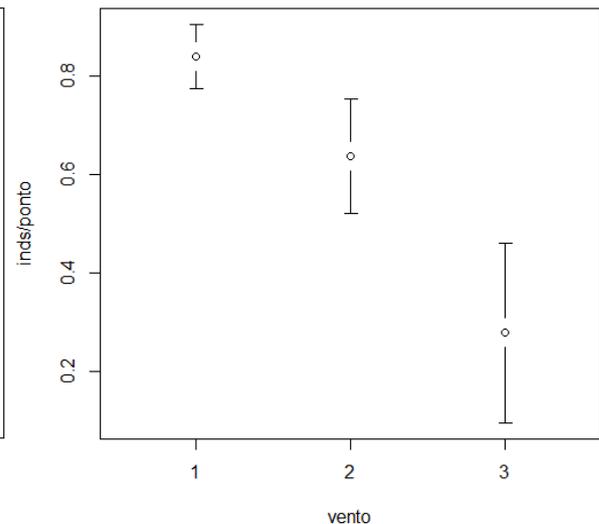


Figura 49 – Variação do número total de indivíduos (inds/ponto) com o aumento da intensidade do vento (vento).

Para as restantes variáveis dependentes, isto é, a probabilidade de detetar Coruja-das-torres e Mocho-galego, não se observou um efeito significativo do vento (Tabela 25), porém para a Coruja-das-torres observou-se uma aparente maior probabilidade de detetar esta espécie com vento moderado, enquanto a probabilidade de detetar Mocho-galego pareceu diminuir com o aumento da intensidade do vento.

4.2.2.6. Efeito da nebulosidade no número de aves noturnas registadas

Para esta análise não se observou um efeito significativo da nebulosidade nas variáveis dependentes. No entanto, tendo em consideração a tendência negativa observada em todas as análises de regressão, o aumento da nebulosidade poderá aparentemente levar a um ligeiro decréscimo da detetabilidade de aves noturnas (Tabela 26)

Tabela 26 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	-0,193	0,043	-4,505	<0.001
Nuvens 1 : nuvens 2	-0,147	0,093	-1,573	0.12
Nuvens 1 : nuvens 3	-0,104	0,117	-0,886	0.38

Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0,568	0,037	-15,550	<0,001
Nuvens 1 : nuvens 2	-0,157	0,082	-1,911	0,056
Nuvens 1 : nuvens 3	-0,173	0,106	-1,638	0,10
Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-2,605	0,109	-23,977	<0,001
Nuvens 1 : nuvens 2	-0,190	0,245	-0,777	0,44
Nuvens 1 : nuvens 3	-0,134	0,306	-0,437	0,66
Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-1,426	0,070	-20,495	<0,001
Nuvens 1 : nuvens 2	-0,140	0,152	-0,917	0,36
Nuvens 1 : nuvens 3	-0,013	0,187	-0,071	0,94
Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-1,547	0,072	-21,399	<0,001
Nuvens 1 : nuvens 2	-0,235	0,163	-1,447	0,15
Nuvens 1 : nuvens 3	-0,388	0,218	-1,779	0,075

4.2.2.7. Efeito da luminosidade da lua no número de aves noturnas registadas

4.2.2.7.1. Fase da lua

Nesta análise observou-se um efeito significativo da fase da lua na presença de Coruja-das-torres e Coruja-do-mato. Sendo que para a Coruja-das-torres a sua probabilidade de deteção apresentou uma tendência negativa, ou seja, maior probabilidade de deteção na fase da lua 1 (lua nova e/ou lua não visível) e menor probabilidade de deteção na fase da lua 5 (lua cheia). Já para a Coruja-do-mato observou-se exatamente o contrário, uma tendência positiva, com máxima probabilidade de deteção na fase da lua 5 e menor na fase da lua 1 (Tabela 27).

Para a Coruja-das-torres observaram-se diferenças significativas entre a fase da lua 1 e 2 e 1 e 4 e para as restantes fases em função da fase 1 as suas diferenças não foram significativas (Tabela 27, Fig. 50). Em relação à presença de Coruja-do-mato apenas se observaram diferenças significativas entre a fase da lua 1 e fase da lua 5 (Tabela 27, Fig. 51).

Estes resultados sugerem que a Coruja-das-torres está mais ativa vocalmente em noites pouco iluminadas, enquanto a Coruja-do-mato vocaliza mais frequentemente em noites com maior luminosidade da lua.

Tabela 27 - Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	-0,094	0,160	-0,589	0,56
Fase da lua 1 : fase da lua 2	-0,293	0,172	-1,705	0,088
Fase da lua 1 : fase da lua 3	-0,333	0,222	-1,503	0,13
Fase da lua 1 : fase da lua 4	-0,076	0,168	-0,427	0,67
Fase da lua 1 : fase da lua 5	0,183	0,217	0,842	0,40
Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0,638	0,146	-4,378	<0,001
Fase da lua 1 : fase da lua 2	-0,119	0,156	-0,760	0,45
Fase da lua 1 : fase da lua 3	-0,012	0,195	-0,062	0,95
Fase da lua 1 : fase da lua 4	0,091	0,152	0,600	0,55
Fase da lua 1 : fase da lua 5	0,283	0,190	1,494	0,14
Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-1,859	0,310	-5,990	<0,001
Fase da lua 1 : fase da lua 2	-0,881	0,350	-2,520	0,012
Fase da lua 1 : fase da lua 3	-0,388	0,444	-0,874	0,38
Fase da lua 1 : fase da lua 4	-0,881	0,339	-2,601	0,009
Fase da lua 1 : fase da lua 5	-1,054	0,554	-1,901	0,057
Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-1,596	0,283	-5,636	<0,001
Fase da lua 1 : fase da lua 2	-0,064	0,302	-0,212	0,83
Fase da lua 1 : fase da lua 3	-0,301	0,396	-0,760	0,45
Fase da lua 1 : fase da lua 4	0,291	0,294	0,991	0,32
Fase da lua 1 : fase da lua 5	0,484	0,368	1,314	0,19

Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-2,067	0,336	-6,158	<0,001
Fase da lua 1 : fase da lua 2	0,304	0,353	0,862	0,39
Fase da lua 1 : fase da lua 3	0,509	0,416	1,222	0,22
Fase da lua 1 : fase da lua 4	0,500	0,346	1,442	0,15
Fase da lua 1 : fase da lua 5	0,898	0,412	2,181	0,029

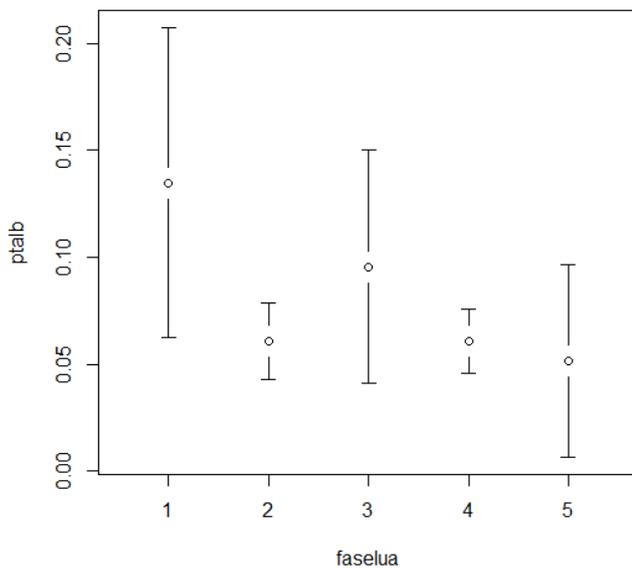


Figura 50 - Probabilidade de deteção de Coruja-das-torres (ptalb) com a fase da lua (faselua).

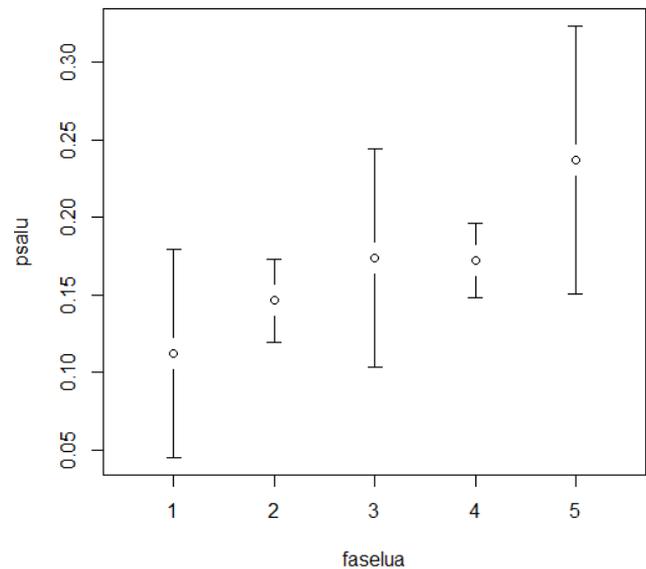


Figura 51 – Probabilidade de deteção de Coruja-do-mato (psalu) com a fase da lua (faselua).

Para as restantes variáveis dependentes, não se observaram diferenças significativas entre as fases da lua no número total de indivíduos, riqueza específica e presença de Mocho-galego (Tabela 27), porém para todas estas variáveis a fase da lua onde se observaram valores superiores foi a fase da lua 5 (lua cheia).

4.2.2.7.2. Percentagem de lua iluminada

Nesta análise observou-se um efeito significativo da percentagem de lua iluminada no número total de indivíduos, riqueza específica, presença de Mocho-galego e presença de Coruja-do-mato (Tabela 28, Fig. 52, Fig. 53). Qualquer uma destas variáveis dependentes aumentou com o aumento da percentagem de lua iluminada.

Tabela 28 – Parâmetros de GLM-poisson e GLM com binomial negativa. A negrito encontram-se os valores de $p < 0,05$.

Total de indivíduos	β	SE	z	p
Interceção	-0.411	0.0678	-6,066	<0,001
Percentagem de lua	0,308	0,101	3,038	0,002

Riqueza específica	β	SE	z	p
Interceção	-0.804	0,061	-13,220	<0,001
Percentagem de lua	0,332	0,089	3,732	<0,001

Presença de Coruja-das-torres	β	SE	z	p
Interceção	-2.609	0,166	-15,69	<0,001
Percentagem de lua	-0,075	0,257	-0,29	0,77

Presença de Mocho-galego	β	SE	z	p
Interceção	-2.609	0,166	-15,69	<0,001
Percentagem de lua	0,616	0,169	3,652	<0,001

Presença de Coruja-do-mato	β	SE	z	p
Interceção	-1.876	0,120	-15,614	<0,001
Percentagem de lua	0,434	0,176	2,459	0,014

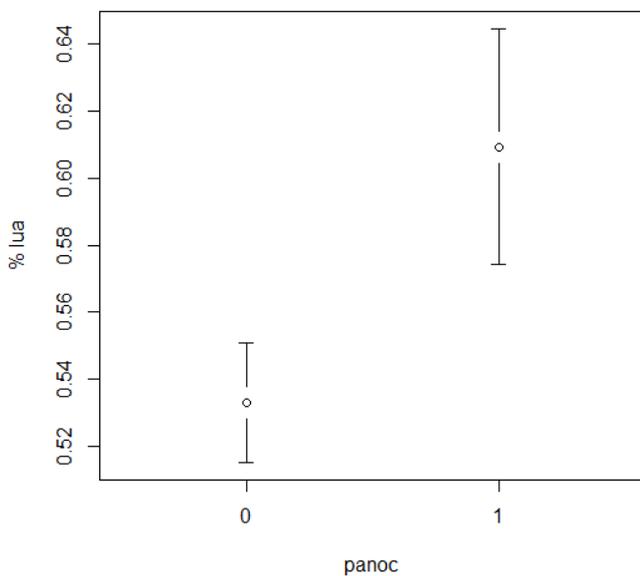


Figura 52 – Probabilidade de deteção de Mocho-galego (panoc) com a percentagem de lua iluminada (% lua).

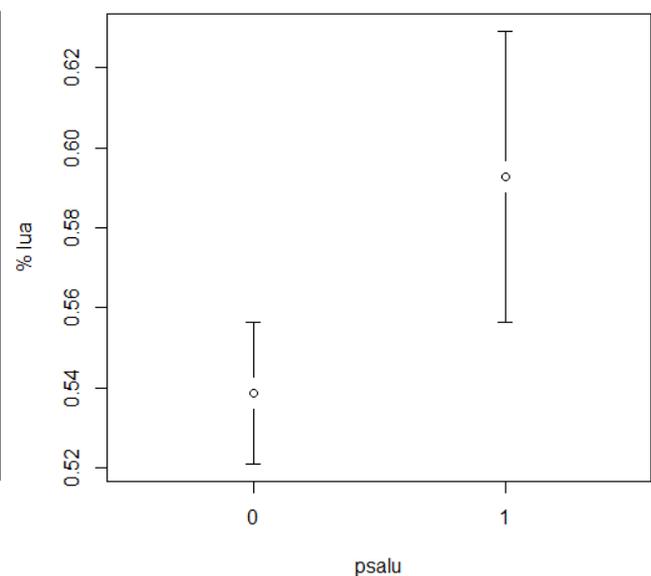


Figura 53 - Probabilidade de deteção de Coruja-do-mato (psalu) com a percentagem de lua iluminada (% lua).

Para a presença de Coruja-das-torres não houve um efeito significativo da percentagem de lua iluminada (Tabela 28), porém observou-se que aparentemente quanto maior a luminosidade da lua menor a probabilidade de detetar esta espécie.

Sendo assim, observando o efeito de cada uma das duas variáveis relativas à variável efeito da luminosidade da lua, constatou-se que todas as variáveis dependentes apresentaram uma tendência positiva, ou seja, os valores aumentam com o aumento da luminosidade da lua. Exceto para a presença de Coruja-das-torres onde se observou uma tendência negativa, ou seja, quanto maior a luminosidade da lua menor a probabilidade de deteção de Coruja-das-torres.

4.2.2.8. Análise geral

Resumindo, tendo em conta as variáveis dependentes que apresentaram valores significativos para cada uma das variáveis explicativas: I) a variável explicativa “visita” apresentou uma tendência negativa, mostrando um valor máximo na visita 1; II) a variável explicativa “ponto” apresentou uma tendência negativa, mostrando um valor máximo no ponto de escuta 1; III) a variável explicativa “minutos após ocaço” apresentou uma tendência negativa para duas variáveis dependentes (total de indivíduos e riqueza específica) e uma tendência positiva para a variável dependente presença de Coruja-das-torres; IV) a variável explicativa “vento” apresentou uma tendência negativa, mostrando que quanto maior a intensidade do vento menor o valor da variável dependente; V) a variável explicativa “cobertura por nuvens” apresentou uma tendência negativa, mostrando que quanto maior a nebulosidade menor o valor da variável dependente. Porém não se observou um efeito significativo da nebulosidade em nenhuma das variáveis dependentes; VI) a variável explicativa “fase da lua” apresentou uma tendência negativa para a variável dependente presença de Coruja-das-torres e uma tendência positiva para a variável dependente presença de Coruja-das-torres, mostrando que esta varia tendo em conta a espécie analisada; e VII) a variável explicativa “percentagem de lua iluminada” apresentou uma tendência positiva, mostrando que quanto maior a percentagem de lua iluminada maior o valor da variável dependente (Tabela 29).

Tabela 29 - Valores de p correspondentes à avaliação das variáveis dependentes para cada uma das variáveis explicativas. A negrito estão os valores de $p < 0,05$ e os símbolos + e – correspondem à tendência positiva e negativa respetivamente.

	Visita	Ponto	Minutos após ocaço	Vento	Cobertura por nuvens	Fase da lua	Percentagem de lua
Total de indivíduos	+ Visita2: 0,257 - Visita3: 0,734	- Ponto2: 0,21 - Ponto3: 0,002 - Ponto4: <0,001 - Ponto5: <0,001	- 0,006	- Vento2: 0,006 - Vento3: 0,001	- Nuvens2: 0,12 - Nuvens3: 0,38	- Faselua2: 0,088 - Faselua3: 0,13 - Faselua4: 0,70 + Faselua5: 0,40	+ 0,002
Riqueza específica	+ Visita2: 0,290 + Visita3: 0,573	- Ponto2: 0,24 - Ponto3: <0,001 - Ponto4: <0,001 - Ponto5: <0,001	- 0,049	- Vento2: 0,050 - Vento3: 0,009	- Nuvens2: 0,056 - Nuvens3: 0,10	- Faselua2: 0,45 - Faselua3: 0,95 + Faselua4: 0,55 + Faselua5: 0,14	+ <0,001
Presença de Coruja-das-torres	+ Visita2: 0,481 - Visita3: 0,405	+ Ponto2: 0,48 + Ponto3: 0,067 - Ponto4: 0,067 - Ponto5: 0,75	+ 0,017	+ Vento2: 0,43 - Vento3: 0,64	- Nuvens2: 0,44 - Nuvens3: 0,66	- Faselua2: 0,012 - Faselua3: 0,38 - Faselua4: 0,009 - Faselua5: 0,057	- 0,77
Presença de Mocho-galego	- Visita2: 0,894 - Visita3: 0,010	- Ponto2: 0,30 - Ponto3: 0,004 - Ponto4: 0,023 - Ponto5: <0,001	- 0,095	- Vento2: 0,44 - Vento3: 0,11	- Nuvens2: 0,36 - Nuvens3: 0,94	- Faselua2: 0,83 - Faselua3: 0,45 + Faselua4: 0,32 + Faselua5: 0,19	+ <0,001
Presença de Coruja-do-mato	- Visita2: 0,021 - Visita3: 0,001	+ Ponto2: 0,36 - Ponto3: 0,37 - Ponto4: 0,32 - Ponto5: 0,66	+ 0,17	- Vento2: <0,001 - Vento3: 0,038	- Nuvens2: 0,15 - Nuvens3: 0,075	+ Faselua2: 0,389 + Faselua3: 0,222 + Faselua4: 0,149 + Faselua5: 0,029	+ 0,014

5. Discussão

5.1. Análise da participação dos colaboradores do Programa Noctua

Após a análise do número de quadrículas que se têm vindo a amostrar constatou-se que existem pessoas interessadas em participar no programa, porém após a sua colaboração durante uma ou mais épocas, estes tendem a deixar de participar (perceptível pelo facto de muitas quadrículas só serem realizadas durante uma ou duas épocas). Observou-se também que as quadrículas nem sempre foram amostradas ao longo das três visitas, tendo sido a segunda visita a mais amostrada e a terceira a menos amostrada.

Isto mostra um padrão de diminuição da participação por parte dos colaboradores voluntários à medida que estes vão participando ao longo dos anos que pode ser devido a diversos fatores tais como, a perda de interesse e falta de tempo por parte do colaborador para amostrar as quadrículas. Quanto às quadrículas amostradas, apesar de os colaboradores nem sempre realizarem as três visitas para cada quadrícula, houve mais quadrículas com as três visitas realizadas do que só com uma ou duas visitas. A razão por detrás disto deverá prender-se novamente com a falta de tempo ou possíveis contratempos que os colaboradores por vezes se deparam. O facto de ter sido a segunda visita a mais amostrada poderá dever-se à época do ano que vai de encontro com a Primavera, altura do ano em que as condições meteorológicas são mais amenas e levam a que o colaborador tenha maior predisposição em amostrar a quadrícula que lhe foi atribuída.

A existência de um maior número de quadrículas amostradas na metade sul de Portugal, em particular na grande Lisboa, pode ser devido ao facto de o norte de Portugal ser naturalmente menos habitado ao contrário da grande Lisboa, de a divulgação do Programa NOCTUA-Portugal chegar mais facilmente à população dessas zonas, existir uma maior implementação da SPEA na zona de Lisboa e haver mais observadores de aves no sul de Portugal.

O reduzido número de quadrículas amostradas juntamente com a baixa continuidade na participação são pontos preocupantes e que devem ser evitados ao máximo para que os objetivos deste programa sejam cumpridos.

Sendo assim, os resultados que se têm vindo a obter mostram alguma incerteza quanto às tendências das espécies aqui estudadas devido ao baixo número de quadrículas realizadas (72 de 947 quadrículas existentes em Portugal Continental) e ainda um reduzido número de épocas amostradas. Com o aumento do número de quadrículas amostradas, principalmente no norte de Portugal onde existem em menor número e com o aumento das épocas de estudo, os dados serão muito mais robustos e representativos da realidade levando a uma menor incerteza dos mesmos.

5.2. Avaliação das metodologias analíticas e de censo

5.2.1. Metodologias analíticas

A análise gráfica simples, como o nome indica, é uma metodologia simples de calcular, de fácil interpretação visual e comparável com outros programas que utilizam metodologias simples. Para além disso, não está dependente do cumprimento de pressupostos estatísticos, sendo possível efetuar esta análise mesmo com tamanhos amostrais pequenos, amostras com um grande número de zeros ou amostras

com distribuições enviesadas. Porém, fornece apenas um gráfico de médias anuais com intervalos de confiança de 95% e a variação da abundância relativa, não tendo em conta os anos intermédios. (Tabela 30).

Ao contrário da análise gráfica simples, as metodologias GLM e GLMM permitem uma estimação da tendência tendo em conta todos os anos de estudo. Porém existe uma principal diferença entre estas duas metodologias, o GLM possui uma maior facilidade de computação e menor dependência de uma amostra grande que o GLMM, no entanto não tem em consideração a replicação (repeated measures), ou seja, não tem em conta a falta de independência das observações na mesma quadrícula em anos diferentes. Constituindo isso uma violação do pressuposto de independência das observações. Levando a que o GLMM se torne uma metodologia muito mais complexa que o GLM e por essa razão depende de uma amostra maior (muitas quadrículas por ano) (Tabela 30).

O GAM é a única metodologia aqui analisada que permite reconhecer padrões não-lineares, ou seja, tem em conta variações não-lineares ao longo dos anos. Porém depende de uma amostra grande (muitas quadrículas por ano), não permite inferir tendências com tanto rigor, uma vez que não apresenta dados como a tendência (quantitativa) e o erro padrão e como não produz uma estimativa de tendência linear, torna-se difícil a comparação com as restantes metodologias aqui apresentadas (Tabela 30).

O TRIM é a única metodologia aqui analisada que tem em conta contagens em falta, levando a que esta se torne a mais complexa de todas as metodologias aqui apresentada e necessite de uma amostra grande (muitas quadrículas por ano) para funcionar corretamente. No entanto quanto maior o número de contagens em falta, tendo em conta o tamanho total da amostra, maior será o erro padrão, podendo levar a uma baixa precisão da tendência obtida (Tabela 30).

Tabela 30 - Resumo das vantagens e desvantagens de cada método de estimativa de tendências quando aplicado ao Programa NOCTUA-Portugal.

	Vantagens	Desvantagens
Análise gráfica simples	Facilidade matemática; visualmente informativo; comparável com outros programas que utilizam métodos simples; pouco dependente do tamanho da amostra	Estimativa de tendência que não tem em conta os anos intermédios
GLM	Estimativa de tendência considerando todos os anos; relativa facilidade matemática	Não tem em conta a falta de independência das observações na mesma quadrícula em anos diferentes; pouco ajuste a grandes variações não lineares ao longo dos anos
GLMM	Estimativa de tendência considerando todos os anos; tem em conta a falta de independência das observações na mesma quadrícula em anos diferentes	Dependente de uma amostra grande (muitas quadrículas por ano); pouco ajuste a grandes variações não lineares ao longo dos anos
GAM	Tem em conta variações não-lineares ao longo dos anos	Dependente de uma amostra grande (muitas quadrículas por ano); não produz uma estimativa de tendência linear, tornando difícil a comparação com os outros métodos
TRIM	Tem em conta contagens em falta	Dependente de uma amostra grande (muitas quadrículas por ano)

As diferentes metodologias testadas foram concordantes na tendência a nível qualitativo para todas as espécies exceto para Bufo-pequeno e Noitibó-de-nuca-vermelha. Onde as metodologias, análise gráfica simples e GAM, mostraram uma tendência positiva para Bufo-pequeno e uma tendência negativa para Noitibó-de-nuca-vermelha, ao contrário das restantes metodologias (GLM, GLMM e TRIM). Isto pode dever-se ao facto de a análise gráfica simples não ter em conta os anos intermédios na estimativa da tendência de cada uma das espécies e o GAM ser uma metodologia não-linear, mostrando a partir da tendência populacional um declive não significativo para estas espécies, o que indica que estas não apresentam uma distribuição não-linear. Para além disso, o Bufo-pequeno e o Noitibó-de-nuca-vermelha correspondem às espécies onde se obteve um menor número de quadrículas com a sua presença e quanto menor o número de quadrículas com a presença de determinada espécie, menos robustos são os dados e consequentemente maior é a incerteza em relação à tendência da espécie.

Todos estes fatores associados levam a crer que a análise gráfica simples e o GAM não são as metodologias mais indicadas para a obtenção das tendências populacionais destas duas espécies.

Para além disso, a análise gráfica simples apresentou amplos intervalos de confiança para todas as espécies, levando a alguma incerteza na interpretação do padrão de tendência. E por essa razão, leva-nos a considerar que a análise gráfica simples é uma metodologia pouco robusta na avaliação das tendências populacionais das diferentes espécies.

Como já foi dito acima, quando o declive da tendência populacional não é significativo no GAM, mostra que os dados não apresentam uma distribuição não-linear significativa, sugerindo que o modelo linear é o mais adequado. Isto foi observado para a maioria das espécies, indicando assim que o modelo linear era o mais recomendado. Porém, apesar de para um período de seis anos se conclua que não se justifica utilizar métodos não-lineares, é possível que para períodos mais longos venha a ser mais adequado ajustar curvas e não retas à evolução da população de algumas espécies de aves noturnas que mostrem flutuações a longo-prazo. As duas espécies, Mocho-galego e Noitibó-cinzento, que apresentaram uma tendência com um declive significativo no GAM, ou seja, que apresentam um padrão menos linear da tendência populacional ao longo dos seis anos, apresentaram também tendências com um declive significativo para as metodologias lineares. Olhando para os valores de significância (p) do parâmetro de declive (beta) de cada uma das metodologias, pôde-se observar que estes eram inferiores nas restantes metodologias, exceto o valor de significância do TRIM para o Noitibó-cinzento que era superior ao valor de significância do GAM. Isto poderá dever-se ao facto de esta espécie ter um reduzido número de dados e por essa razão a robustez dos resultados obtidos a partir do TRIM ser menor que a robustez dos resultados obtidos a partir das restantes metodologias, visto que o TRIM é uma metodologia muito complexa e que necessita de um elevado número de dados para uma maior precisão das tendências.

Sendo assim, o facto de o declive da tendência ser mais significativo nas metodologias lineares em relação ao GAM poderá indicar que apesar de os dados apresentarem uma distribuição não-linear significativa, essa significância é mais pronunciada para uma distribuição linear que vai de encontro com as restantes metodologias (GLM, GLMM e TRIM). Não se pode no entanto excluir a possibilidade de um declive significativo resulte na verdade de um acentuar da tendência nos métodos lineares.

Pôde-se também observar que o intervalo de confiança teve uma relação direta com o número de quadrículas em que cada espécie esteve presente, ou seja, quanto menor o número de quadrículas em que uma espécie esteve presente maior a probabilidade de o intervalo de confiança cruzar o zero, levando a uma

maior incerteza da tendência da espécie analisada. Isto porque, quanto menor o número de dados existentes para uma determinada espécie, maiores serão os erros padrões em qualquer uma das metodologias. Tendo-se observado isso claramente em todas as metodologias, onde o menor erro padrão estava sempre associado às espécies com um maior número de dados (Mocho-galego e Coruja-do-mato - espécies comuns no território português e facilmente detetáveis) e o maior erro padrão às espécies com um menor número de dados (Bufo-pequeno, Bufo-real e Noitibó-de-nuca-vermelha - espécies pouco comuns no território português ou estivais).

A metodologia que apresentou mais vezes um intervalo de confiança que não tenha cruzado o zero para as diferentes espécies foi o GLMM. Ou seja, o GLMM foi a metodologia que apresentou uma maior precisão no declive da tendência populacional para a maioria das espécies. Não tendo sido precisa apenas para o Bufo-real e o Bufo-pequeno, que poderá ser devido ao reduzido número quadrículas em que cada espécie esteve presente. Apesar de no TRIM para o Bufo-pequeno se ter observado que o intervalo de confiança não cruzava o zero ao contrário do que foi observado para as restantes metodologias em ambas as espécies.

Em relação às limitações do TRIM, na literatura tem sido recomendado não usar dados com mais de 50% de contagens em falta ou até às vezes não mais do que 20% (TRIM 2003). Para todas as espécies à exceção de Bufo-real (43%) e Bufo-pequeno (47%) a percentagem de contagens em falta foi superior a 50%. Esta elevada percentagem de contagens em falta levou a um elevado valor de erro padrão. Outra consequência observada foi que para algumas das espécies, como por exemplo o Mocho-galego, os gráficos do TRIM em pouco se assemelharam aos gráficos obtidos a partir das restantes metodologias. Devendo-se isto ao reduzido número de dados para muitas das espécies e ao excesso de contagens em falta, alterando assim as tendências a nível visual.

Posto isto, constata-se que o GLMM é a metodologia que possui um melhor ajuste aos dados, uma vez que foi o que apresentou mais vezes um intervalo de confiança que não cruzou o zero para cada uma das espécies analisadas, mostrando uma maior precisão na indicação dos declives das tendências. Agregado a isso, foi a única metodologia a apresentar tendências populacionais para a maioria das espécies com declive significativo.

5.2.2. Metodologia de censo

A metodologia de censo tem mostrado ser eficiente para as espécies mais comuns ou conspícuas, como é o caso da coruja-das-torres, mocho-galego e coruja-do-mato. No entanto, a metodologia empregue tem garantido também a deteção regular de espécies menos comuns como o bufo-real, bufo-pequeno, mocho-d'orelhas e os noitibós, em alguns locais das suas áreas potenciais de ocorrência. A coruja-do-nabal, devido à especificidade do habitat, presença apenas durante o período não reprodutor e atividade vocal muito reduzida, foi a espécie para a qual a metodologia não se revelou adequada, sendo aconselhável realizar censos dirigidos nos habitats potenciais. Sempre que possível, os colaboradores devem realizar alguns pontos de censo também em zonas estuarinas e zonas húmidas interiores.

5.2.2.1. Número de registos face à duração dos pontos de escuta (10 minutos)

Com este resultado pode-se constatar que com uma redução da duração do ponto de escuta para, por exemplo, cinco minutos resultaria numa perda de aproximadamente 33% dos indivíduos presentes na envolvimento do ponto de escuta e por essa razão uma diminuição da duração do mesmo levaria à perda de um significativo número de dados.

No entanto, uma maior duração do ponto de escuta poderia permitir a deteção de novos indivíduos visto que não houve estabilização do número de indivíduos detetados no período de 10 minutos. Porém este estudo é realizado por colaboradores voluntários e por essa razão é necessário ir de encontro a um compromisso razoável entre o número de indivíduos detetados e o tempo despendido em cada ponto, e por conseguinte em cada visita, que consiste na realização de cinco pontos de escuta. Uma vez que caso o tempo necessário para a realização de cada ponto de escuta seja demasiado elevado, a adesão por parte dos colaboradores poderá diminuir.

Contudo é muito provável que seja necessário um período mais longo para o número de indivíduos estabilizar, uma vez que não foi notória a estabilização da curva e para outros fins o período deveria de ser prolongado. Como foi observado segundo Redpath (1994) onde ao realizar os pontos de escuta apenas durante 10 minutos 35% do número de indivíduos de Corujas-do-mato teriam passado despercebidos e segundo Galeotti & Pavan (1993) 50% do número de indivíduos das aves noturnas do seu estudo teriam igualmente passado despercebidas.

Por essa razão, os 10 minutos de duração em cada ponto de escuta aparentam ser um compromisso razoável. Como pode ser constatado num questionário realizado aos colaboradores do Programa de Monitorização de Aves Noturnas em Portugal (GTAN-SPEA, 2011c) onde cerca de 91% destes afirmaram que o período de 10 minutos parece ser o mais adequado. Bem como num estudo realizado pelo Programa NOCTUA em Espanha (Escandell, 2005) onde constataram que após 10 minutos, num período de escuta de 15 minutos, obteve-se 80% das deteções, pelo que após esse período se podem vir a dar duplicações de indivíduos pelo seu deslocamento. Posto isso, estes afirmam que o tempo de permanência adequado em cada ponto de escuta deverá de ser de 10 minutos. Para além disso, outros estudos com planos de seguimentos semelhantes utilizam um período de escuta de 10 minutos ou inferior (Escandell, 2005; Vrh & Vrezec, 2006; Zuberogoitia & Campos, 1997).

5.2.2.2. Comparação da eficiência do ponto de deteção com outros estudos

5.2.2.2.1. Comparação por pontos de escuta

Ao comparar os resultados obtidos a partir do estudo de Zuberogoitia & Campos (1997) com o do Programa NOCTUA-Portugal constatou-se que apesar do estudo de Zuberogoitia & Campos (1997) ter feito uso do *playback* na sua metodologia e terem um maior número de pontos de escuta estes obtiveram um menor número de deteções para todas as espécies analisadas, exceto para a Coruja-do-mato e Coruja-das-torres. Isto poderá indicar que estas duas espécies respondem positivamente ao *playback* sendo assim mais facilmente detetadas a partir deste método, ao contrário das restantes espécies onde a sua percentagem de deteção foi muito inferior à obtida a partir do Programa NOCTUA-Portugal onde não se fez uso do *playback*. Sendo isso especialmente observado para as espécies menos comuns, Mocho-d'orelhas, Bufo-real e Bufo-pequeno, onde a percentagem de deteção segundo o

estudo de Zuberogitia & Campos (1997) foi mais reduzida que a menor percentagem obtida a partir do Programa NOCTUA-Portugal.

No entanto é necessário ter em conta que a área de estudo não foi a mesma e por essa razão a densidade populacional de cada espécie pode variar entre os diferentes países, levando a uma diferente percentagem de deteção independentemente da metodologia aplicada.

Ao comparar os resultados obtidos a partir do estudo de Vrezec & Saveljic (2006) com o do Programa NOCTUA-Portugal observou-se uma clara diferença entre os mesmos. Sendo que o método de *playback* aplicado no estudo de Vrezec & Saveljic (2006) levou a um claro aumento da probabilidade de deteção da Coruja-do-mato em relação ao método de chamadas espontâneas utilizado no Programa NOCTUA-Portugal. Isto deve-se ao facto de o *playback* ter sido realizado num período de máxima atividade vocal territorial, levando a que estas aves respondessem aos *playbacks* por forma a defender os seus ninhos.

No entanto é necessário ter em conta que a área de estudo não era a mesma, uma vez que os estudos foram realizados em países diferentes e a diferentes escalas geográficas. Para além disso o número de pontos de escuta foi muito inferior aos realizados no Programa NOCTUA-Portugal e foram previamente definidos numa pequena área tendo em conta a possível presença desta espécie, existindo assim naturalmente uma maior probabilidade de detetar Coruja-do-mato nesses pontos ao contrário do que aconteceu no estudo do Programa NOCTUA-Portugal em que os pontos não foram selecionados com base na presença de uma determinada espécie. Ou seja, estudos dirigidos a uma espécie em particular e a locais com elevado potencial de deteção têm, como de esperado, uma maior proporção de pontos com presença.

Ao comparar os resultados obtidos a partir do Programa NOCTUA-Espanha com o do Programa NOCTUA-Portugal constatou-se que as suas metodologias eram idênticas, variando apenas no número de quadrículas amostradas e na área de estudo. No entanto os resultados foram bastante distintos, muito provavelmente devido ao facto de as áreas de estudo serem diferentes levando à variação das densidades populacionais de cada uma das espécies. Mostrando isto que a metodologia aplicada não é o único fator a ter em conta na análise de resultados neste tipo de estudos, uma vez que neste caso estas eram iguais e mesmo assim observou-se uma grande variação nos resultados.

5.2.2.2.2. Comparação por período de escuta

Ao comparar os resultados obtidos a partir do estudo de Martínez *et al.*, (2002) com o do Programa NOCTUA-Portugal constatou-se que a partir do método *playback* observou-se uma estabilização da curva acumulada mais cedo e mais pronunciada do que a partir do método de escutas de vocalizações espontâneas. Isto mostra que o *playback* levou a uma resposta por parte do Bufo-pequeno mais rápida, sendo que para se atingir uma estabilização da curva acumulada mais pronunciada a partir do estudo do Programa NOCTUA-Portugal ter-se-ia de prolongar o período de escuta.

Pôde-se também observar que o número de indivíduos detetados a partir do *playback* foi marginalmente superior do que a partir das escutas de vocalizações espontâneas segundo o estudo de Martínez *et al.*, (2002), mostrando isto que apesar do *playback* promover um alcance da estabilização da curva acumulada mais cedo este não provocou um aumento relativamente significativo do número de indivíduos detetados, apenas mostrou ser uma boa ferramenta para atrair e observar esta espécie. O mesmo pôde ser constatado ao observar que se atingiu 80% do número de indivíduos de Bufo-pequeno detetados no mesmo intervalo de tempo em ambos os estudos, levando isto a querer que a principal diferença entre o *playback* e as chamadas espontâneas assenta na rapidez em que se atinge a estabilização da curva de acumulação.

Ao comparar os resultados obtidos a partir do estudo de Redpath (1994) com o do Programa NOCTUA-Portugal constatou-se que uma diminuição do período do ponto de escuta do estudo de Redpath (1994) de 30 minutos para 10 minutos poderia conduzir a uma perda de 31% dos dados recolhidos. Isto vai de encontro com o facto de que segundo o Programa NOCTUA-Portugal não se atingiu a estabilização da curva para a Coruja-do-mato ao passo que para o estudo de Redpath (1994) só se atingiu essa estabilização entre os 25 e 30 minutos. Mostrando isto que para esta espécie um aumento do período de escuta seria aconselhável.

Observou-se também que nos primeiros cinco minutos se obteve 68% do número de indivíduos detetados de Coruja-do-mato a partir do Programa NOCTUA-Portugal e a partir do estudo de Redpath (1994) avaliando apenas os 10 primeiros minutos, num total de 62 indivíduos detetados, detetou-se 45 indivíduos nos primeiros cinco minutos, correspondendo isso a uma percentagem de 73% de indivíduos detetados. Mostrando isto mais uma vez que o método de *playback* promove um aumento do número de indivíduos detetados num mesmo intervalo de tempo.

Posto isto, a comparação destes estudos mostra que o período mínimo recomendado de espera em cada ponto de escuta varia de espécie para espécie, sendo necessário ir de encontro a um período de escuta que alcance todas ou a maioria das espécies em estudo.

5.2.2.3. Efeito da época do ano

A análise deste efeito faz mais sentido para espécies residentes (Bufo-real, Bufo-pequeno, Coruja-do-mato, Coruja-das-torres e Mocho-galego), já que para espécies estivais (Mocho-d'orelhas, Noitibó-cinzento e Noitibó-de-nuca-vermelha) e invernantes (Coruja-do-nabal) o efeito na deteção é inevitável dada a ausência dos indivíduos devido aos movimentos migratórios. Uma vez que estas espécies migratórias apenas estão presentes numa época do ano, não serão detetadas em todas as visitas. No entanto estas espécies também não foram analisadas consoante este efeito devido ao excesso de zeros o que levaria a resultados menos fiáveis. De qualquer das formas, a existência de espécies migratórias, reforça por si só a importância de realizar mais que uma visita ao longo do ano, sob pena de não se incluir algumas espécies num programa de monitorização.

Por essa razão, apenas se avaliou o efeito da época do ano para a presença das espécies de Coruja-das-torres, Mocho-galego e Coruja-do-mato. Tendo-se observado que a probabilidade de detetar a presença de Coruja-das-torres era constante ao longo do ano, enquanto que a probabilidade de detetar a presença de

Mocho-galego decresceu significativamente em relação à visita 3 e a probabilidade de detetar a presença de Coruja-do-mato decresceu significativamente em relação à visita 2 e 3.

Segundo a literatura, o período de corte da Coruja-das-torres (altura em que a espécie é normalmente mais ativa) da Coruja-das-torres corresponde à 2ª visita (Mikkola, 1983) no entanto os dados mostram que as diferenças entre cada uma das visitas não foram significativas, evidenciando que a probabilidade de detetar esta espécie deverá ser constante ao longo do ano.

Durante os períodos de pré-corte e de corte a atividade vocal de Mocho-galego aumenta e este pode ser ouvido frequentemente produzindo vocalizações de longo alcance (Mikkola, 1983; Zuberogoitia *et al.*, 2007). Para além disso ao longo do período de corte (Março/Abril) esta espécie defende grandes territórios. O mesmo não acontece durante os períodos de reprodução e nidificação (Maio/Junho) onde os machos desta espécie reduzem o tamanho dos seus territórios (Finck, 1990; Zuberogoitia *et al.*, 2007). Estes dados vão de acordo com os resultados obtidos, onde o período de corte da espécie corresponde à 2ª visita e o período de reprodução e nidificação corresponde à 3ª visita que foi onde se verificou um decréscimo significativo da probabilidade de detetar esta espécie uma vez que a mesma diminuiu o tamanho dos seus territórios e sendo assim movimentou-se e vocalizou com menos frequência.

A Coruja-do-mato é uma espécie altamente territorial com um máximo de atividade vocal de Fevereiro a Maio, seguido de um mínimo de atividade vocal entre Junho-Julho, um novo máximo de atividade vocal de Agosto a Outubro e um mínimo secundário entre Dezembro-Janeiro (Mikkola, 1983; Redpath, 1994; Zuberogoitia & Climent, 2000). Estas flutuações refletem do ciclo de reprodução, muda, disputas territoriais, etc. (Mikkola, 1983). No entanto, estes dados em nada vão de acordo com os resultados obtidos, uma vez que a 1ª visita foi onde se observou um valor máximo de presenças desta espécie e segundo diversos autores este período entre Dezembro a Janeiro corresponde a um período mínimo de atividade vocal sendo os períodos máximos de atividade vocal de Fevereiro a Maio que corresponde à 2ª e parte da 3ª visita e de Agosto a Outubro onde não se realizou nenhuma visita. O outro período de atividade vocal mínima segundo diversos autores é entre Junho-julho em que o mês de Junho corresponde à 3ª visita onde se observou claramente um decréscimo do número de presenças desta espécie, sendo o único período em que os dados obtidos a partir da literatura e os resultados obtidos estão de acordo. Estas diferenças podem dever-se ao facto de os períodos de maior atividade vocal das aves noturnas variarem latitudinalmente/geograficamente em relação à área de estudo.

Estes resultados realçaram a importância da realização das três visitas ao longo da época por forma a obter uma amostragem representativa da riqueza de aves noturnas existentes em cada quadrícula. Uma vez que as diferentes espécies mostraram uma atividade vocal máxima em diferentes períodos. Correspondendo a 1ª visita ao período de atividade máxima de Bufo-real, Coruja-do-mato e Coruja-do-nabal, a 2ª visita ao período de atividade máxima de Mocho-galego, Mocho-d'orelhas e Coruja-das-torres e a 3ª visita ao período de atividade máxima de Noitibó-de-nuca-vermelha e Noitibó-cinzento. Já a atividade vocal máxima de Bufo-pequeno é um caso muito particular, observando-se a atividade máxima dos adultos na 2ª visita e dos juvenis na 3ª visita. Os períodos das três visitas têm sido os mesmos que os utilizados pelo Programa NOCTUA-Espanha de modo a atingir o mesmo objetivo (Escandell, 2005).

Sendo assim, as três visitas parecem ser um compromisso razoável entre os períodos em que as diferentes espécies estão presentes e/ou apresentam uma maior atividade ao longo do ano e o esforço dos colaboradores voluntários para realizar este censo. Uma vez que com a diminuição do número de visitas

poder-se-ia perder dados de presença de espécies que estariam mais presentes nessa época e com o aumento do número de visitas o interesse dos colaboradores voluntários poderia diminuir, como pôde ser comprovado num questionário do Programa NOCTUA – Portugal realizado aos seus colaboradores onde 90% dos mesmos afirmou que três visitas era um número adequado e apenas 10% afirmou que o número de visitas era insuficiente (GTAN-SPEA, 2011c).

5.2.2.4. Variação das respostas ao longo da noite

Pôde-se constatar que existe uma clara diminuição das respostas ao longo da noite tendo em conta o número total de indivíduos, nomeadamente a partir do ponto 3, onde se observou uma diferença significativa entre o ponto 1 e 3. Em relação à riqueza específica observou-se exatamente o mesmo, no entanto a relação da riqueza específica com os minutos após o ocaso foi significativa, porém encontra-se no limiar ($p = 0,049$). Uma vez que encontrar diferenças significativas em relação aos pontos envolve um processo mais complexo do que em relação aos minutos após o ocaso que é avaliado num todo e não por categorias. Isto indica que poderá existir um excesso de zeros presentes e sendo assim o efeito do tempo ao longo da noite não é claro, pois essas diferenças significativas poderão estar a induzir em erro devido ao excesso de zeros presentes.

Em relação à probabilidade de deteção de Coruja-das-torres só se obteve diferenças significativas em relação aos minutos após o ocaso. O efeito do tempo é claro para esta espécie, no entanto os dados não são suficientes para identificar com precisão em que pontos é que se observam essas diferenças.

Para a probabilidade de deteção de Mocho-galego observou-se exatamente o contrário, ou seja, diferenças significativas em relação aos pontos e não em relação aos minutos após o ocaso. Indicando que o efeito do tempo ao longo da noite não é claro, uma vez que avaliar variações de respostas ao longo da noite entre os diferentes pontos é um processo muito mais complexo do que a partir dos minutos após o ocaso, sugerindo isso que os dados possuem um excesso de zeros.

A probabilidade de deteção de Coruja-do-mato não apresentou qualquer tipo de variação das respostas ao longo da noite, mostrando que esta espécie apresenta um período de atividade mais prolongado.

Posto isto, as variáveis dependentes associadas à probabilidade de deteção de aves noturnas tendem a diminuir com o passar da noite, ou seja, quanto mais tempo passar após o ocaso menor serão os valores das variáveis dependentes. Exceto para Coruja-das-torres, onde se observou uma tendência positiva, ou seja, a sua probabilidade de deteção tende a aumentar com o passar da noite, porém foi observado, apesar de não ser claro, que esse aumento só se prolongou até ao ponto 3, seguido de um decréscimo nos pontos seguintes. Mostrando isto que esta espécie se mantém ativa durante um período de tempo mais prolongado com o decorrer da noite do que as restantes espécies aqui analisadas.

Estes resultados estão de acordo com diversos estudos (Delgado & Penteriani, 2007; Ganey, 1990; Hardouin *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2005) que confirmam que o anoitecer é um dos momentos de maior atividade vocal em aves noturnas. Mostrando também a importância da realização dos cinco pontos de escuta nas primeiras duas horas após o ocaso, uma vez que com o decorrer da noite o número de indivíduos detetados diminui, sendo o seu pico máximo nos primeiros minutos após o ocaso para a grande maioria das espécies de aves noturnas.

5.2.2.5. Efeito do vento no número de aves noturnas registadas

Observou-se que existe um claro efeito do vento sobre o número total de indivíduos e probabilidade de deteção de Coruja-do-mato, havendo uma diminuição dos registos com o aumento da intensidade do vento. No entanto para a riqueza de espécies esse efeito só se verificou mais claramente para a intensidade de vento 3 (forte). Já para a probabilidade de deteção de Coruja-das-torres e Mocho-galego não se verificou um efeito claro do vento sobre estas espécies.

Portanto, de modo geral as variáveis dependentes tendem a diminuir com o aumento da intensidade do vento. Estes resultados estão de acordo com diversos estudos que mostraram igualmente que com o aumento da intensidade do vento as aves noturnas tendem a vocalizar com menos frequência (Mikkola, 1983; Redpath, 1994; Takats & Holroyd, 1997; Zuberogitia & Campos, 1998).

Posto isto, é necessário tentar evitar a realização das visitas em noites com vento moderado a forte, em que a atividade vocal das aves noturnas e a sua probabilidade de deteção pelos observadores pode diminuir.

5.2.2.6. Efeito da nebulosidade no número de aves noturnas registadas

As nuvens não tiveram qualquer efeito significativo sobre nenhuma das variáveis dependentes associadas à probabilidade de deteção de aves noturnas. Este resultado vai de acordo com diversos estudos que afirmam igualmente que a cobertura das nuvens não influencia significativamente as taxas de resposta das aves noturnas (Redpath, 1994; Takats & Holroyd, 1997; Clark & Anderson, 1997; Swengel & Swengel, 1997). Porém observou-se uma tendência negativa das variáveis dependentes com o aumento da nebulosidade, mostrando que, apesar de não esse efeito não ser claro, a realização de censos em noites com baixa nebulosidade poderão levar a uma maior probabilidade de deteção de aves noturnas pelos observadores do que em noites com uma maior cobertura de nuvens.

Posto isto, não existe necessidade de condicionar a realização das visitas em função da nebulosidade, no entanto, os colaboradores poderão ser indicados de que a realização de censos em noites com baixa nebulosidade poderá levar a um aumento de deteção das espécies de aves noturnas, apesar de esse efeito não ser claro.

Com o aumento do número de épocas de censo com o prolongar deste programa, poderá levar a uma variação do resultado deste efeito, nomeadamente passar-se a observar um efeito significativo da nebulosidade nas diferentes variáveis dependentes, como foi observado em diversos estudos (Ganey, 1990; Morrell *et al.*, 1991).

5.2.2.7. Efeito da luminosidade da lua no número de aves noturnas registadas

A intensidade da luminosidade da lua varia em mais do que uma centena de vezes dependendo da fase. Por conseguinte, não é de surpreender que a fase da lua deva influenciar o comportamento de animais noturnos, especialmente daqueles que se orientam visualmente, embora a direção dessa influência possa por vezes não ser óbvia (Woods & Brigham, 2008).

A luminosidade da lua influencia o comportamento de um número de espécies de presas e predadores e marcadamente influencia a relação predador-presa (Penteriani *et al.*, 2011). Em noites de luar

intenso, as presas são geralmente menos ativas, mais vigilantes e alimentam-se em habitats mais seguros devido ao aumento do risco de predação, uma vez que estas estão mais propícias a serem detetadas pelos seus predadores. Como consequência, os predadores que se orientam visualmente são mais ativos em noites mais iluminadas, uma vez que beneficiam dos níveis mais elevados de luz na procura de uma presa (iluminação pode aumentar a eficiência de orientação visual de predadores noturnos), no entanto estes também devem procurar mais intensivamente as presas, uma vez que estas apresentam estratégias de alimentação mais apreensivas e/ou são menos ativas (Griffin *et al.*, 2005; Penteriani *et al.*, 2011; Vasquez, 1994; Woods & Brigham, 2008).

As aves noturnas utilizam sinais visuais para a comunicação intraespecífica que está fortemente relacionada com a fase da lua (Penteriani *et al.*, 2007; Penteriani & Delgado, 2009). Como é o caso do Bufo-real que possui normalmente uma atividade vocal mais reduzida em noites escuras do que claras, uma vez que estas aves tiram proveito da luz lunar para aumentar a eficiência da sua comunicação visual (Penteriani *et al.*, 2011; Penteriani *et al.*, 2010). No entanto o efeito da luz da lua sobre a atividade vocal em aves noturnas varia entre as diferentes espécies (Ganey, 1990).

Observou-se que qualquer uma das variáveis dependentes variou com o efeito da luminosidade da lua, sendo que o número total de indivíduos, riqueza específica e probabilidade de deteção de Mocho-galego aumentaram com o aumento da luminosidade da lua, porém não foram verificadas diferenças significativas tendo em conta as fases da lua. Isto demonstra que apesar de os dados permitirem detetar um efeito claro da luminosidade da lua, não permitem detetar em que fase da lua é que se detetam essas variações com significância devido à insuficiência do número de dados.

Tendo em conta a probabilidade de deteção de Coruja-do-mato já se observou um efeito tanto para a fase da lua como para a percentagem da mesma, sendo que a probabilidade de deteção desta espécie aumentou com o aumento da percentagem de lua visível, correspondendo isso à fase da lua 5 (lua cheia).

Em relação à probabilidade de deteção de Coruja-das-torres observou-se apenas diferenças significativas para a fase da lua. Sendo que ao contrário das outras variáveis, a probabilidade de deteção desta espécie foi máxima para a fase da lua 1 (lua nova). Porém não apresentou diferenças significativas para a percentagem da lua e por essa razão o efeito da lua não é claro, uma vez que encontrar diferenças significativas nas fases da lua envolve um processo mais complexo do que na percentagem da lua que é avaliada num todo e não em categorias. Significando isto que existe um excesso de zeros presentes e que os resultados obtidos poderão estar a induzir em erro devido a esse excesso de zeros.

Sendo assim, de modo geral as variáveis dependentes, associadas à probabilidade de deteção de aves noturnas, tendem a aumentar com o aumento da luminosidade, apesar de o sentido deste efeito não se verificar sempre da mesma forma para todas as espécies, como foi observado para a Coruja-das-torres onde se verificou uma aparente diminuição da probabilidade de deteção desta espécie com o aumento da luminosidade da lua.

Por essa razão, não se deve limitar as visitas a uma ou várias fases da lua específicas, uma vez que as espécies comportam-se de maneira diferente em relação a cada fase da lua e condicionar as visitas a uma determinada fase da lua poderia reduzir o número de dados obtidos e para além disso seria mais um ponto na metodologia que poderia levar a uma menor aderência por parte dos colaboradores voluntários, pois estaria a condicionar as datas em que estes poderiam realizar as visitas.

5.3. Recomendações para censos de aves noturnas e implicações para a conservação

De pouco vale ter um elevado número de dados se a metodologia de censo não for a mais adequada, principalmente em programas de *citizen science* onde o esforço de amostragem é um ponto muito a ter em conta neste tipo de estudos. Por essa razão, deve existir um equilíbrio entre o rigor científico, que deve de ser primado, e o esforço de amostragem, que não pode nem ser muito reduzido ao ponto de pôr em causa a viabilidade dos dados, nem demasiado elevado ao ponto de levar à perda de interesse por parte dos colaboradores voluntários em participar neste tipo de estudos.

Assim sendo, foi necessário avaliar diversos fatores que poderiam levar a uma variação do número de dados recolhidos. A análise da duração do ponto de escuta mostrou ser um fator muito sensível e importante a ter em conta em estudos desta natureza, uma vez que quanto maior for o período do ponto de escuta por norma maior haverá de ser o número de dados recolhidos, no entanto é necessário ter em conta diversos pontos que poderão advir desse aumento: I) a uma dada altura dá-se a estabilização da curva acumulada e se se prolongar muito para além da altura em que se começa a dar a estabilização da curva pode-se vir a duplicar o número de registos do mesmo indivíduo; II) quanto maior o período de duração do ponto de escuta, maior o esforço de amostragem e por isso menor será o interesse por parte do colaborador voluntário em participar; e III) quando o período de duração do ponto de escuta é muito elevado, os pontos de escuta que se vão realizar em último lugar naquela noite já irão ser realizados muito depois do ocaso e menor será a probabilidade de deteção de aves noturnas, uma vez com o passar da noite o número de indivíduos detetados tende a diminuir, sendo o seu pico máximo nos primeiros minutos após o ocaso. No entanto é também necessário ter o cuidado de não se definir uma duração de ponto de escuta muito reduzida ao ponto de não se atingir a estabilização da curva acumulada, levando a uma perda de dados.

Sendo assim, encontrar um equilíbrio entre o tempo necessário a ser despendido e o número de indivíduos detetados é essencial para uma recolha de dados representativa da área envolvente sem descuidar que se trata de um estudo de *citizen science* e o aumento do esforço de amostragem poderá levar a uma diminuição do interesse por parte dos colaboradores voluntários.

A época do ano mostrou ser outro fator muito importante. Pontos como: I) espécies em estudo, se são residentes, estivais e/ou invernantes; II) número de visitas a serem realizadas; e III) datas em que as visitas devem ser realizadas, são muito importantes a ter em conta na criação de uma metodologia de censo. Primeiro é necessário analisar quais são as alturas do ano em que cada uma das espécies em estudo apresenta uma atividade máxima e com isso poder-se acordar os melhores períodos para a realização de cada visita, bem como o número de visitas a serem realizadas de modo a se obter uma amostragem representativa da riqueza de aves noturnas existentes na quadrícula. No entanto um elevado número de visitas a realizar por época poderá levar a uma diminuição do interesse por parte dos colaboradores voluntários e por essa razão, mais uma vez, é necessário encontrar um equilíbrio entre o número de visitas a realizar e o número indivíduos/espécies detetados. Sendo importante ter como prioridade, abranger períodos em que estão presentes espécies estivais e invernantes, que só se encontram no nosso país numa determinada época do ano e de seguida os períodos de atividade máxima de cada espécie em estudo.

A variação das respostas ao longo da noite mostrou a importância da escolha da altura indicada em que se devem realizar os censos. Sabendo que o pico máximo de atividade das aves noturnas se dá nos primeiros minutos após o ocaso, o recomendável é realizar os pontos de escuta nas primeiras duas horas após o ocaso.

O vento mostrou ser outro fator muito a ter em conta na realização dos censos. Uma vez que a intensidade do vento leva a uma menor atividade vocal das aves noturnas e conseqüentemente uma menor probabilidade de deteção pelos observadores. Posto isto, é importante evitar visitas em noites com ventos moderados a fortes.

A cobertura das nuvens mostrou ser um variável pouco expressiva, uma vez que esta não influencia significativamente as taxas de respostas das aves noturnas. Mostrando que não é necessário condicionar as datas das visitas em função da nebulosidade.

A luminosidade da lua mostrou ser um fator de grande relevo na deteção de aves noturnas. Pontos como: I) relações intra- e interespecíficas (comunicação); II) procura de alimento; e III) risco de predação, influenciam a forma como as diferentes espécies de aves noturnas se comportam em relação à percentagem de lua iluminada. Caso o estudo seja dirigido a uma espécie em específico deve-se definir as alturas de realização dos censos em função da fase da lua em que a espécie está mais ativa e vocaliza mais. No entanto, caso o estudo seja dirigido a um conjunto de espécies, como neste caso de estudo, já não se deve limitar as visitas a uma ou várias fases da lua em específico, uma vez que as espécies comportam-se de maneiras diferentes em relação a cada fase da lua e condicionar as visitas a uma determinada fase da lua poderia levar a uma redução do número de dados recolhido. Para além disso, ao condicionar os colaboradores a realizar as visitas só quando se verifica uma determinada fase da lua poderia levar a uma menor aderência por parte dos mesmos, uma vez que se lhes estaria a reduzir o número de datas em que estes poderiam realizar as visitas.

O mesmo se aplica à metodologia de análise de dados, não basta recolher os dados, se não se os souber analisar da forma mais eficiente. Pode-se perder muita informação importante e a informação recolhida pode ser pouco robusta levando a falsos resultados que podem ter graves implicações em ações de conservação, quando é necessário tomar medidas em função desses mesmos resultados. É necessário avaliar um leque de metodologias que se poderão aplicar aos dados existentes e com isso verificar qual delas é a que apresenta uma maior robustez. Sendo necessário ter em conta diversos pontos como: I) a complexidade que cada metodologia apresenta e o conjunto de informação que cada uma proporciona; II) se os dados apresentam uma distribuição paramétrica ou não-paramétrica, indicando se se deve utilizar modelos lineares ou não-lineares, respetivamente; e III) se existe um suficiente número de dados de modo a que metodologias mais robustas sejam capazes de funcionar e não fornecerem um erro padrão demasiado elevado e intervalos de confiança muito amplos. Com base na análise desses pontos e dos resultados recolhidos a partir de cada metodologia é que se deve então proceder à escolha da melhor metodologia para cada caso de estudo.

Posto isto, é de extrema importância ter um cuidado redobrado na definição das metodologias de censo e de análise de tendências, uma vez que, a escolha de uma metodologia menos adequada para os dados existentes, poderá levar a resultados completamente distintos dos que se viriam a obter com uma metodologia mais adequada e robusta. Como pôde ser observado neste estudo, onde as metodologias análise gráfica simples e GAM, indicaram tendências a nível qualitativo completamente distintas das restantes metodologias (GLM, GLMM e TRIM) para o Bufo-pequeno e Noitibó-de-nuca-vermelha. E caso não se tivesse testado as restantes metodologias não se teria chegado à conclusão de qual seria a verdadeira tendência para cada uma das espécies. Podendo-se vir a definir uma tendência populacional errada e conseqüentemente definir um estatuto de conservação para essa espécie igualmente errado e influenciar possíveis investimentos em medidas de conservação. Ou seja, um erro grosseiro numa estimativa

populacional pode ter implicações sérias na conservação de espécies, sobretudo as menos comuns e com estatutos de conservação mais preocupantes.

Para além disso é necessário um contínuo investimento na realização de censos desta natureza, pois quanto maior o número de dados, mais precisas serão as tendências obtidas. Em especial para as espécies Bufo-real, Bufo-pequeno, Noitibó-cinzento, Noitibó-de-nuca-vermelha e Coruja do Nabal, que são espécies que apresentaram um reduzido número de quadrículas com a sua presença e tendências pouco precisas e mais facilmente as metodologias utilizadas poderão levar a uma estimativa populacional incorreta.

6. Conclusões e propostas para o futuro

A participação regular dos colaboradores no Programa NOCTUA-Portugal ao longo destas seis épocas (2009/10 – 2014/15) permitiu estimar a tendência populacional a curto-prazo das espécies de aves noturnas, ou seja, obter uma possível indicação da situação destas aves ao longo destas últimas seis épocas. Apesar de as tendências populacionais terem apresentado uma considerável margem de erro devido a restrições de amostragem, sobretudo para as espécies menos comuns, esta é atualmente em Portugal a melhor estimativa para este grupo, constituindo também um exemplo de referência em Portugal de um programa de monitorização de aves a longo-prazo. A continuidade do atual esforço de monitorização permitirá no futuro melhorar as estimativas da tendência populacional destas espécies em Portugal e obter informação fiável a longo-prazo. Isto porque mesmo apesar das limitações de amostragem anual, estas tendem a esbater-se com o acumular de anos.

Tendo em conta a metodologia de análise de dados, deve preferencialmente recorrer-se ao uso de um GLMM, caso o tamanho da amostra permita um procedimento analítico robusto. O GLMM tem em conta a falta de independência das observações originada pela repetição da quadrículas em anos diferentes, permite obter uma tendência linear que é considerada uma importante ferramenta de conservação, sendo também no caso do Programa NOCTUA-Portugal a metodologia que apresentou resultados mais robustos e com uma maior precisão na indicação dos declives das tendências populacionais. No entanto com o decorrer do Programa NOCTUA-Portugal, espera-se um maior número de dados recolhidos bem como um número de quadrículas amostradas maior e com uma distribuição das mesmas mais homogénea por Portugal Continental levando assim à obtenção de tendências mais robustas para cada uma das espécies. Com o aumento da robustez dos dados, mais facilmente metodologias como o TRIM poderão apresentar um erro padrão associado inferior, visto que a proporção de contagem em falta não será tão elevada. Posto isto, atualmente a metodologia de análise de dados que aparenta ser a mais indicada para este tipo e quantidade de dados é o GLMM.

Em relação à metodologia de censo, conclui-se não ser necessário realizar nenhum ajuste em particular na mesma. Este balanço tem obviamente em conta o facto de o Programa NOCTUA-Portugal ser levado a cabo por voluntários, sendo por isso necessário ajustar a metodologia à sua disponibilidade e motivação. No entanto, deve-se ter particular atenção aos habitats de Coruja-do-nabal que não têm sido suficientemente amostrados, por forma a fornecer um número de dados suficiente que permita obter a tendência para esta espécie. Por essa razão é necessário aumentar o número de censos realizados em zonas húmidas (sapais, pauis, estuários, várzeas).

No entanto, para outro tipo de censos de aves noturnas que sejam específicos a uma determinada espécie ou um conjunto restrito de espécies e que não sejam realizados por voluntários, devem fazer uso do *playback*, caso este seja o método mais indicado a aplicar à espécie em estudo, possuir um período de escuta mais alargado e se necessário aumentar o número de visitas a realizar ao longo do ano, visto que já não é preciso ter em conta a possível perda de motivação por parte do colaborador voluntário em realizar o censo. Para além disso, de modo a maximizar as deteções em escutas de vocalizações espontâneas devem realizar-se censos sobretudo em noites de lua cheia, sem vento, nas primeiras horas após o ocaso e com baixa nebulosidade.

7. Referências bibliográficas

- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48.
- Bechard, M. J. (2006). Raptors of the World. *Journal of Field Ornithology*, 77(4), 455–456.
- Breslow, N. E., & Clayton, D. G. (1993). Approximate Inference in Generalized Linear Mixed Models. *Journal of the American Statistical Association*, 88(421), 9–25.
- Burfield, I. J. (2008). The conservation status and trends of raptors and owls in Europe. *Ambio*, 37(6), 401–407.
- Cabral, M. J. (coord.), Almeida, J., Almeida, P. R., Dellinger, T., Ferrand de Almeida, N., Oliveira, M. E., Palmeirim, J. M., Queiroz, A. I., Rogado, L., & Santos-Reis, M. (eds.) (2005). Livro Vermelho dos Vertebrados de Portugal. Instituto da Conservação da Natureza, Lisboa.
- Chambers, J. M., & Hastie, T. J. (Eds.). (1992). *Statistical Models in S*. Chapman & Hall. London.
- Clark, K. A., & Anderson, S. H. (1997). Temporal, climatic and lunar factors affecting owl vocalizations of western Wyoming. *Journal of Raptor Research*, 31(4), 358–363.
- Cleveland, W. S. (1979). Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *Journal of the American Statistical Association*, 74(368), 829–836.
- Cleveland, W. S., & Devlin, S. J. (1988). Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting. *Journal of the American Statistical Association*, 83(403), 596–610.
- Crozier, M. L., Seamans, M. E., Gutiérrez, R. J., Loschl, P. J., Horn, R. B., Sovern, S. G., & Forsman, E. D. (2006). Does the Presence of Barred Owls Suppress the Calling Behaviour of Spotted Owls. *The Condor*, 108(4), 760–769.
- Cunningham, R. B., & Lindenmayer, D. B. (2005). Modeling count data of rare species: Some statistical issues. *Ecology*, 86(5), 1135–1142.
- Delgado, M. M., & Penteriani, V. (2007). Vocal behaviour and neighbour spatial arrangement during vocal displays in eagle owls (*Bubo bubo*). *Journal of Zoology*, 271(1), 3–10.
- Equipa Atlas. (2008). Atlas das Aves Nidificantes em Portugal (1999-2005). Instituto da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Parque Natural da Madeira e Secretaria Regional do Ambiente e do Mar. Assírio & Alvim, Lisboa.
- Escandell, V. (2005). Seguimiento de Aves Nocturnas en España. Programa NOCTUA. Informe 2003-2004.

Análisis y establecimiento de una nueva metodología. SEO/BirdLife, Madrid.

- Everitt, B. S. (2005). Generalized Additive Model. Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science.
- Finck, P. (1990). Seasonal variation of territory size with the Little Owl (*Athene noctua*). Oecologia, 83(1), 68–75.
- Fong, Y., Rue, H., & Wakefield, J. (2010). Bayesian inference for generalized linear mixed models. Biostatistics (Oxford, England), 11(3), 397–412.
- Framis, H., Holroyd, G. L., & Mañosa, S. (2011). Home range and habitat use of little owl (*Athene noctua*) in an agricultural landscape in coastal Catalonia, Spain. Animal Biodiversity and Conservation, 34(2), 369–378.
- Fuller, M. R., & Mosher, J. A. (1987). Raptor survey techniques. Raptor Management Techniques Manual, 37–65.
- Galeotti, P., & Pavan, G. (1993). Differential Responses of Territorial Tawny Owls *Strix-Aluco* to the Hooting of Neighbors and Strangers. Ibis, 135(3), 300–304. Retrieved from <Go to ISI>://A1993LM87000010
- Gamerman, D. (1997). Sampling from the posterior distribution in generalized linear mixed models. Statistics and Computing, 7(1), 57–68.
- Ganey, J. L. (1990). Calling Behavior of Spotted Owls in Northern Arizona. The Condor, 92(2), 485.
- Gómez-Ramírez, P., Shore, R.F., van den Brink, N.W., van Hattund, B., Bustenes, J.O., Duke, G., Fritsch, C., García-Fernández, A.J., Helander, B.O., Jasper, V., Krone, O., Martínez-López, E., Mateo, R., Movalli, P., Sonne, C., 2014. An overview of existing raptor contaminant monitoring activities in Europe. Environ. Int. 67, 12–21.
- Griffin, P. C., Griffin, S. C., Waroquiers, C., & Mills, L. S. (2005). Mortality by moonlight: Predation risk and the snowshoe hare. Behavioral Ecology, 16(5), 938–944.
- GTAN-SPEA. (2010). Resultados preliminares (Censo 2009/2010). Trabalhos preparatórios para o programa de monitorização a longo-prazo das aves noturnas em Portugal. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- GTAN-SPEA. (2011a). Programa de Monitorização de Aves Nocturnas em Portugal - Metodologia (2010/2011). Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- GTAN-SPEA. (2011b). Relatório das 2 primeiras épocas (2009/10 e 2010/11) do Programa NOCTUA Portugal. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- GTAN-SPEA. (2011c). Resultados do questionário aos colaboradores do Programa de Monitorização de Aves Nocturnas em Portugal. Lisboa.
- GTAN-SPEA. (2012). Relatório do Programa NOCTUA Portugal (2009/10 e 2011/12). Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- GTAN-SPEA. (2013). Relatório do Programa NOCTUA Portugal (2009/10 - 2012/13). Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- GTAN-SPEA. (2014). Relatório do Programa NOCTUA Portugal (2009/10 - 2013/14). Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- GTAN-SPEA. (2015). Relatório do Programa NOCTUA Portugal (2009/10 - 2014/15). Sociedade Portuguesa

para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).

- Guisan, A., Edwards, T. C., & Hastie, T. (2002). Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: Setting the scene. *Ecological Modelling*, 157(2-3), 89–100.
- Hardouin, L. A., Robert, D., & Bretagnolle, V. (2008). A dusk chorus effect in a nocturnal bird: Support for mate and rival assessment functions. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62(12), 1909–1918.
- Hastie, T. (2015). *gam: Generalized Additive Models*. R package version 1.12. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=gam>
- Hastie, T. J., & Tibshirani, R. (1990). Generalized additive models. (C. & Hall/CRC, Ed.) *Monographs on Statistics & Applied Probability*, 43.
- Hastie, T., & Tibshirani, R. (1986). Generalized Additive Models (with discussion). *Statistical Science*, 1, 297–318.
- Hedeker, D. (2005). Generalized linear mixed models. In: Everitt, B., Howell, D. (Eds.), *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science*. Wiley; New York.
- Juillard, M. (1989). The decline of the little owl *Athene noctua* in Switzerland. In: Meyburg, B. U., & Chancellor, R. D. (Eds), *Raptors in the modern world*. WWGBP, 435-439.
- Kissling, M. L., Lewis, S. B., & Pendleton, G. (2010). Factors influencing the detectability of forest owls in southeastern Alaska. *The Condor*, 112(3), 539–548.
- König C, Weick F (2008): *Owls of the World*, 2nd edition. Londres, Christopher Helm.
- Kovács, A., Mammen, U. C. C., & Wernham, C. V. (2008). European monitoring for raptors and owls: state of the art and future needs. *Ambio*, 37(6), 408–412.
- Lourenço, R., Goytre, F., Delgado, M. d. M., Thornton, M., Rabaça, J. E., & Penteriani, V. (2013). Tawny owl vocal activity is constrained by predation risk. *Journal of Avian Biology*, 44 (April), 461–468.
- Lourenço, R., Roque, I., Tomé, R., Sepúlveda, P. & E. A., Melo, C., & Pereira, C. (2015). Current status and distribution of nocturnal birds (Strigiformes and Caprimulgiformes) in Portugal. *Airo*, 23, 36-50.
- Lourenço, R., Tavares, P. C., Delgado, M. M., Rabaça, J. E. & Penteriani, V. (2011). Superpredation increases mercury levels in a generalist top predator, the eagle owl. *Ecotoxicology* 20(4), 635–642.
- Martínez, J. A., & Zuberogoitia, I. (2002). Factors affecting the Vocal Behaviour of Eagle Owls *Bubo bubo*: Effects of Sex and Territorial Status. *Ardeola*, 49(1), 1–9.
- Martínez, J. A., Zuberogoitia, Í., Colás, J., & Macía, J. (2002). Use of recorder calls for detecting Long-Eared owls *Asio otus*. *Ardeola*, 49(1), 97–101.
- McCaffrey, R. E. (2005). Using Citizen Science in Urban Bird Studies. *Urban Habitats*, 3(1), 70–86.
- McCullagh, P. (1984). Generalized linear models. *European Journal of Operational Research*, 16(3), 285–292.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). Generalized linear models. In: Chapman & Hall (Eds.), *European Journal of Operational Research*, 16(2). CRC Press.
- McCulloch, C. E., & Neuhaus, J. M. (2005). Generalized Linear Mixed Models. *Encyclopedia of Biostatistics*, 4th ed.

- Meirinho, A., Leal, A., Marques, A.T., Fagundes, A.I., Sampaio, H., Costa, J. & Leitão, D. 2013. O estado das aves comuns em Portugal 2011: Relatório do projeto Censo de Aves Comuns. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa (relatório não publicado).
- Mikkola, H. (1983). *Owls of Europe*. T. & A. D. Poyser, Calton.
- Morrell, T. E., Yahner, R. H., & Harkness, W. L. (1991). Factors affecting detection of great horned owls by using broadcast vocalizations. *Wildlife Society Bulletin*, 19(4), 481 – 488.
- Müller, M. (2004). Generalized Linear Models. In: Gentle, J. E. & Mori, Y. (Eds.), *Handbook of Computational Statistics: Concepts and Methods*, 592-619. Springer-Verlag, New York.
- Navarro, J., Minguez, E., Garcia, D., Villacorta, C., Botella, F., Sanchez-Zapata, J. A., Carrete, M., & Gimenez, A. (2005). Differential effectiveness of playbacks for Little Owls (*Athene noctua*) surveys before and after sunset. *Journal of Raptor Research* 39(4), 457-461.
- Nelder, J. A., & Wedderburn, R. W. M. (1972). Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 135(3), 370–384.
- Netherlands, S. (2015). Background TRIM method and indicators. Retrieved from <http://www.cbs.nl/en-GB/menu/themas/natuur-milieu/methoden/trim/achtergrond-methode-trim.htm>
- Osawa, T., Mitsunashi, H., Uematsu, Y., & Ushimaru, A. (2011). Bagging GLM: Improved generalized linear model for the analysis of zero-inflated data. *Ecological Informatics*, 6(5), 270–275.
- Pannekoek, J., & van Strien, A. (1998). TRIM 2.0 for Windows (Trends & Indices for Monitoring data). Statistics Netherlands. Voorburg.
- Pannekoek, J., & van Strien, A. J. (2001). TRIM 3 manual. TRends and Indices for Monitoring data Research paper no. 0102. CBS Voorburg, The Netherlands: Statistics Netherlands. Retrieved from <http://www.ebcc.info>.
- Penteriani, V. (2003). Breeding density affects the honesty of bird vocal displays as possible indicators of male/territory quality. *Ibis*, 145, 127–135.
- Penteriani, V., & Delgado, M. d. M. (2009). The dusk chorus from an owl perspective: Eagle owls vocalize when their white throat badge contrasts most. *PLoS ONE*, 4(4).
- Penteriani, V., Delgado, M. D. M., Alonso-Alvarez, C., & Sergio, F. (2007). The importance of visual cues for nocturnal species: Eagle owls signal by badge brightness. *Behavioral Ecology*, 18(1), 143–147.
- Penteriani, V., Delgado, M. D. M., Campioni, L., & Lourenço, R. (2010). Moonlight makes owls more chatty. *PloS One*, 5(1), e8696.
- Penteriani, V., Gallardo, M., & Cazassus, H. (2002). Conspecific density biases passive auditory surveys. *Journal of Field Ornithology*, 73(4), 387–391.
- Penteriani, V., Kuparinen, A., Delgado, M. D. M., Lourenço, R., & Campioni, L. (2011). Individual status, foraging effort and need for conspicuousness shape behavioural responses of a predator to moon phases. *Animal Behaviour*, 82(2), 413–420.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Experimental design and data analysis for biologists, 277.
- R Core Team (2015). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.r-project.org/>

- Redpath, S. M. (1994). Censusing Tawny Owls *Strix aluco* by the use of imitation calls. *Bird Study*, 41, 192–198.
- Redpath, S. M. (1995). Habitat Fragmentation and the Individual - Tawny Owls *Strix Aluco* in Woodland Patches. *Journal of Animal Ecology*, 64(5), 652–661.
- Resende, M. D. V., & Biele, J. (2002). Prediction and estimation in mixed non-linear models for binomial traits using generalized linear models. *Rev. Mat. Estat. (São Paulo)*, 20, 39–65.
- Roque, I., Lourenço, R., Marques, A., Coelho, J. P., Coelho, C., Pereira, E., Rabaça, J. E., & Roulin, A. (2016). Barn owl feathers as biomonitors of mercury: sources of variation in sampling procedures. *Ecotoxicology*.
- Rufino, R. (1989). Atlas das Aves que nidificam em Portugal Continental. Centro de Estudos de Migrações e Protecção de Aves, Serviço Nacional de Parques Reservas e Conservação da Natureza. Lisboa.
- SEO/BirdLife. (2013). Resultados del programa Noctua 2006-2013. SEO/BirdLife. Madrid.
- Snäll, T., Kindvall, O., Nilssoni, J., & Pärt, T. (2011). Evaluating citizen-based presence data for bird monitoring. *Biological Conservation*, 144, 804–810.
- SPEA. (2015). Aves Noturnas em Portugal. Retrieved from <http://www.spea.pt/pt/participar/grupos-de-trabalho/aves-noturnas/aves-noturnas-em-portugal/>
- Svensson, L., Mullarney, K., & Zetterström, D. (2012). Guia de Aves. Assírio & Alvin (Eds.), 2. Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves.
- Swengel, A. B., & Swengel, S. R. (1997). Auditory surveys for northern saw-whet owls (*Aegolius acadicus*) in southern Wisconsin 1986 – 1996. – In: Nero, R. W., Clark, R. J., Knapton, R. J., & Hamre, R. H. (Eds.), *Biology and conservation of northern forest owls*. USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. RM-142, 411 – 420.
- Takats, D. L., & Holroyd, G. L. (1997). Owl Broadcast Surveys in the Foothills Model Forest, Alberta, Canada. In: Duncan, J. R., Johnson, D. H., & Nicholls, T. H. (Eds.), *Biology and Conservation of Owls of the Northern Hemisphere*, Second International Symposium, 421-429. Winnipeg, Manitoba, Canada.
- TRIM. (2003). Frequently Asked Questions.
- Vasquez, R. A. (1994). Assessment of predation risk via illumination level: Facultative central place foraging in the cricetid rodent *Phyllotis darwini*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 34(5), 375–381.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
- Vrezec, A., & Saveljic, D. (2006). Breeding density of Tawny Owl *Strix aluco* territories in montane forests of Mountain Bjelasica (Montenegro). *Ciconia*, 14, 41-47.
- Vrh, P., & Vrezec, A. (2006). Interspecific territorial vocal activity of the Ural owl (*Strix uralensis*) towards Tawny owl (*Striz aluco*), sympatric owl competitor: a playback experiment. *Razprave IV. razreda SAZU*, 47(3), 99–105.
- Warnes, G. R., Bolker, B., Bonebakker, L., Gentleman, R., Liaw, W. H. A., Lumley, T., Maechler, M., Magnusson, A., Moeller, S., Schwartz, M. and Venables, B. (2015). *gplots: Various R Programming Tools for Plotting Data*. R package version 2.17.0. Retrieved from <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>
- Wood, S. (2016). Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML Smoothness Estimation. R package

version 1.8-12. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/mgcv/mgcv.pdf>

- Woods, C. P., & Brigham, R. M. (2008). Common Poorwill activity and calling behavior in relation to moonlight and predation. *Wilson Journal of Ornithology*, 120(3), 505–512.
- Yee, T. W., & Mitchell, N. D. (1991). Generalized additive models in plant ecology. *Journal of Vegetation Science*, 2(5), 587–602.
- Zeileis, A., Kleiber, C., & Jackman, S. (2008). Regression Models for Count Data in R. *Journal Of Statistical Software*, 27(8), 1-25 Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v27/i08/>.
- Zuberogoitia I. & Martínez J.A. 2000: Methods for surveying Tawny Owl *Strix aluco* populations in large areas. — *Biota* 1, 137–146.
- Zuberogoitia, I., & Campos, L. F. (1997). Intensive census of nocturnal raptors in Biscay - Censo intensivo de rapaces nocturnas en Bizkaia. *Munibe (Ciencias Naturales)*, 49, 117–127.
- Zuberogoitia, I., & Campos, L. F. (1998). Censusing owls in large areas: A Comparison between methods. *Ardeola*, 45(1), 47–53.
- Zuberogoitia, I., Martínez, J. E. (Eds.) (2011). *Ecology and conservation of European forest - Dwelling Raptors*. Diputación Foral de Bizkaia, Bilbao.
- Zuberogoitia, I., Zabala, J., Martínez, J. A., Hidalgo, S., Martínez, J. E., Azkona, A., & Castillo, I. (2007). Seasonal dynamics in social behaviour and spacing patterns of the Little Owl *Athene noctua*. *Orn Fenn* 84, 173–180.